

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки Приборостроение  
Профиль Системы ориентации, стабилизации и навигации  
Кафедра точного приборостроения

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы	
<b>Система определения неподвижного состояния наблюдаемого</b>	
УДК 681.586:616-07	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5В	Прыгов Андрей Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков А. Н.	К. Т. Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

По разделу «Вопросы технологии»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков А. Н.	К. Т. Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Точное приборостроение	Бориков В.Н.	Д. Т. Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	<b>Способность</b> совершенствовать и повышать свой интеллектуальный и общекультурный уровень и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире;	Требования ФГОС (ОК-1) Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	<b>Способность</b> адаптироваться к новым ситуациям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности в понимании сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области.	Требования ФГОС (ОК-1,2, ПК-19) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	<b>Способность</b> использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом; эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей; в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-2, ПК-12,13,16-18,12,22) Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P4	<b>Способность</b> к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности в областях контроля качества продукции предприятий измерительной техники и точного приборостроения; приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности умения непосредственно не связанных со сферой деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2, ОПК-2, ПК-10,19) Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	<b>Умение</b> использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности при разработке средств измерения и контроля, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования в приборостроении.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-5-7), Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	<b>Умение</b> профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы в соответствии с целями магистерской программы, организовывать технологическую подготовку производства приборных систем различного назначения и принципа действия, разрабатывать и внедрять новые технологические процессы с использованием гибких САПР и оценивать их экономическую эффективность и инновационные риски при их внедрении.	Требования ФГОС (ОПК-3, ПК-5,6,8,20), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	<b>Способность</b> проектировать приборные системы и технологические процессы с использованием средств САПР и опыта разработки конкурентоспособных изделий; осуществлять проектную деятельность в профессиональной сфере на основе системного подхода.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-5,10,13,22), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	<b>Умение</b> разрабатывать методики проведения теоретических и экспериментальных исследований по анализу, синтезу и оптимизации методов измерения контроля и диагностики, используемых в приборостроении; способность разработать и проводить оптимизацию натурных экспериментальных исследований приборных систем с учётом критериев надёжности;	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-7,14,15) ПК-2,26,27,28) Критерий 5 АИОР (п.2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
	использовать результаты научно-исследовательской деятельности и пользоваться правами на объекты интеллектуальной собственности.	
P9	<b>Умение</b> организовывать современное метрологическое обеспечение технологических процессов производства приборных систем и разрабатывать новые методы контроля качества выпускаемой продукции и технологических процессов; решать экономические и организационные задачи технологической подготовки приборных систем и выбирать системы обеспечения экологической безопасности в производстве и при технологическом контроле.	Требования ФГОС (ОК-2, ПК-2,6,14,20) Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	<b>Способность</b> проектировать математические модели анализа и оптимизации объектов исследования, выбирать численные методы их моделирования или разработать новый алгоритм решения задачи; выбирать оптимальные методы и программы экспериментальных исследований и испытаний, проводить измерения с выбором современных технических средств и обработкой результатов измерений.	Требования ФГОС (ОК-1,2, ОПК-2, ПК-1,2,6,13) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	<b>Способность</b> формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных и патентных и других источников; разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию на объекты приборостроения, а также осуществлять системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ; составлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам исследовательской деятельности	Требования ФГОС (ОПК-1,3, ПК-3,4,9,11) Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт неразрушающего Контроля  
Направление подготовки Приборостроение  
Профиль Системы ориентации, стабилизации и навигации  
Кафедра Точного приборостроения

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Бориков В. Н.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ5В	Прыгов Андрей Николаевич

Тема работы:

Система определения неподвижного состояния наблюдаемого	
Утверждена приказом директора	От 31.03.2017 №2263/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

06.06.2017

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<p>Объектом исследования является система определения неподвижного состояния наблюдаемого.</p> <p>Цель исследования – Спроектировать и изготовить действующий макетный прототип системы определения неподвижного состояния на основе МЭМС-сенсоров.</p> <p>Ожидаемые результаты: разработка прототипа системы определения неподвижного состояния, экспериментальная проверка работоспособности данной системы.</p>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ведение. Актуальность темы.</li><li>2. Аналитический обзор по теме.</li><li>3. Синтез принципиальной схемы системы.</li><li>4. Выбор компонентной базы.</li><li>5. Разработка конструкции прототипа.</li><li>6. Анализ прочности конструкции.</li></ol>

<b>разработке вопросов</b>	7. Программирование прототипа в среде ARDUINOIDE для получения сигнала с передатчика (маяк) на приемник (база). 8. Результаты экспериментальных проверок работоспособности системы. 9. Вопросы технологии. 10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 11. Социальная ответственность; 12. Выводы по результатам работы.
<b>Перечень графического материала</b>	Сборочный чертеж,  схема электрическая принципиальная
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Николаенко Валентин Сергеевич
<b>Социальная ответственность</b>	Мезенцева Ирина Леонидовна
<b>Часть ВКР на английском языке</b>	Вебер Юлия Юрьевна
<b>Вопросы технологии</b>	Гормаков Анатолий Николаевич
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Выбор датчика определения неподвижного состояния на основе микроэлектромеханических систем	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	20.11.2016 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков А.Н.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5В	Прыгов Андрей Николаевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ5В	Прыгов Андрей Николаевич

Институт	ИНК	Кафедра	Точное приборостроение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оценка финансовых и человеческих ресурсов. Работа с информацией, представленной в научных публикациях, аналитических материалах, изданиях, нормативно-правовых документах, проведение исследований.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, конкурентоспособности, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение анализ: Потенциальные потребители результатов исследования, конкурентные технические решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
2. SWOT анализ	Определение комплексного анализа научно-исследовательского проект.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.03.2017
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. МЕН	Николаенко В.С.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5В	Прыгов Андрей Николаевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ5В	Прыгов Андрей Николаевич

Институт	ИНК	Кафедра	Точное приборостроение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	В данной работе разрабатывается система определения неподвижного состояния, наблюдаемого (СОНСН). Состоит из передатчика и приемника, построенные на основе МЭМС-сенсоров. СОНСН используется для определения параметров ориентации объекта в пространстве.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность	<p>1.1. Вредные факторы при разработке СОНСН:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отклонение параметров микроклимата;</li> <li>• Повышение уровня шума;</li> <li>• Повышение уровня электромагнитного поля.</li> <li>• Недостаточная освещенность рабочей зоны.</li> <li>• Повышенный уровень вибрации.</li> </ul> <p>1.2. Опасные факторы при разработке СОНСН:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Механические опасности;</li> <li>• Электрический ток.</li> </ul>
2. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Анализ воздействия компьютера и ламп на литосферу (отходы).</li> </ul>
3. Безопасность в ЧС	Типичная ЧС при эксплуатации компьютера: пожар.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<p>Место в положении сидя и стоя должно соответствовать требованиям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ГОСТ 12.2.032-78;</li> <li>– ГОСТ 12.2.033-78;</li> <li>– ГОСТ 22269-76 .</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.03.2017
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф.	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5В	Прыгов Андрей Николаевич		



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «КОНСТРУИРОВАНИЕ И ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ5В	Прыгов Андрей Николаевич

Институт	ИНК	Кафедра	Точное приборостроение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

### Исходные данные к разделу «Вопрос конструирования и технологии»:

1. Объект разработки и области его применения	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Объектом исследования является конструирование корпуса передатчика и технологии его изготовления.</li> <li>- Область применения: в медицинских учреждениях и в аварийно-спасательных службах.</li> </ul>
---	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Разработка конструкции корпуса передатчика.
  2. Расчет надежности передатчика (маяка).
  3. Оценка технологичности передатчика (маяка).
  4. Проектирование технологического процесса сборки передатчика (маяка).
  5. Проектирование технологического процесса изготовления корпуса маяка.
- Заключение по разделу.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков А. Н.	К. Т. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5В	Прыгов Андрей Николаевич		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля  
 Направление подготовки Приборостроение  
 Профиль Системы ориентации, стабилизации и навигации  
 Кафедра точного приборостроения  
 Уровень образования магистратура  
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2017 г.	Разработка чертежей общего вида системы мониторинга. Разработка системы автоматизированного мониторинга несущих конструкций зданий и сооружений	20
10.04.2017 г.	Монтаж системы мониторинга и экспериментальные исследования	40
15.05.2017 г.	Раздел «Социальная ответственность»	10
22.05.2017 г.	Раздел «Конструирование и вопросы технологии»	10
1.06.2017г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
06.06.2017 г.	Оформление ВКР и представление работы рецензенту	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПС	Гормаков А.Н.	к. т. н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Точное приборостроение	Бориков В.Н.	д.т.н.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 120 с., 35 рис., 38 табл., 24 источников, 9 прил.

Ключевые слова: гироскоп, акселерометр, arduino, GY521, микроконтроллер, неподвижное состояние.

Цель работы – разработка системы определения неподвижного состояния.

В процессе исследования проводился обзор существующих аналогов, разработка и компоновка датчика определения неподвижного состояния, проектирование корпуса

В результате исследования разработан работающий прототип устройства.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: время непрерывной работы 15 часов, имеет защиту IP67.

Степень внедрения: разработанное устройство готово к эксплуатации.

Область применения: аварийно-спасательные службы, медперсонал.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.2.048–80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

СП 2.2.1.1312–03 Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий.

СНиП 23–05–95 Естественное и искусственное освещение.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

СН 2.2.4/2.1.8.562–96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

НПБ 105–03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

ГОСТ Р 51685–2000 Рельсы железнодорожные. Общие технические условия

**Микроэлектромеханические системы** - устройства микросистемой техники, выполненные по технологии объёмной микромеханики, сформированные путём локального вытравливания подложки, легирования, нанесения на неё материала и т. д. Размеры МЭМС лежат в диапазоне от 1 микрона до нескольких миллиметров, в зависимости от мощности, области применения, наличия встроенных схем обработки и количества элементов.

**Arduino** - это инструмент для проектирования электронных устройств (электронный конструктор) более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности.

**Акселерометр** - прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением).

**Гироскоп** - устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчета.

**МППС** – мобильная приёмно-передающая станция

**СИЗ** – средства индивидуальной защиты

**СОНСН** – система определения неподвижного состояния наблюдаемого

## Содержание

Введение .....	17
Глава 1 Обзор существующих систем определения неподвижного состояния..	19
Глава 2 Принцип работы системы определения неподвижного состояния наблюдаемого .....	22
Глава 3 Обзор существующих микромеханических сенсоров для построения датчика неподвижного состояния. Обоснование выбора компонентов системы .....	23
3.1 Выбор датчика определения неподвижного состояния на основе микроэлектромеханических систем .....	23
3.2 Выбор микроконтроллера датчика неподвижного состояния .....	32
3.3 Выбор компонентов радиоканала .....	34
3.5 Выбор элемента питания .....	41
Глава 4 Проектирование сигнализатора неподвижного состояния.....	46
4.1 Структурная схема системы определения неподвижного состояния .....	46
4.2 Разработка алгоритма определения неподвижного состояния.....	47
4.3 Разработка системы передачи информации на МППС .....	49
Глава 5 Сборка и программирование компонентов системы определения неподвижного состояния наблюдаемого .....	50
5.1 Подключение платы arduino uno и модуль GY-521 .....	50
5.2 Подключение радиомодулей к микроконтроллеру Arduino Uno .....	51
5.3 Подключение светодиодов и пьезоизлучателя к плате Arduino Uno .....	53
5.4 Подключение элемента питания к плате Arduino Uno.....	55
5.5 Программирование переносного модуля неподвижного состояния.....	55

5.6	Экспериментальная часть .....	57
Глава 6 Конструктивная проработка сигнализатора. Механический анализ конструкции в T-FLEX .....		
		58
6.1	Выбор материала корпуса .....	58
6.2	Разработка корпуса сигнализатора .....	58
6.3	Механический анализ конструкции в T-Flex анализе.....	61
Глава 7 Конструирование и вопросы технологии .....		
		64
7.1	Технологический процесс сборки передатчика .....	
7.2	Технологический процесс изготовления изделия ФЮРА.735000.001.....	65
7.3	Оценка технологичности детали корпус ФЮРА.735000.001 .....	66
Глава 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....		
		67
8.1	Анализ конкурентных технических решений .....	67
8.2	Технология QuaD .....	70
8.3	SWOT-анализ .....	74
8.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	79
8.4.1	Инициация проекта .....	81
8.5	Планирование управления научно-техническим проектом.....	84
8.5.1	Контрольные события проекта.....	84
8.5.2	План проекта .....	84
8.5.3	Бюджет научного исследования.....	86
8.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	92
8.6.1	Оценка абсолютной эффективности исследования .....	93

8.6.2	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	97
	Глава 9 Социальная ответственность.....	98
9.1	Производственная безопасность .....	99
9.1.1	Анализ возможных вредных и опасных факторов при проведении исследований .....	100
9.1.2	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия вредных и опасных факторов .....	103
9.2	Экологическая безопасность .....	105
9.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	106
9.4	Пожаробезопасность.....	108
9.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	110
	Заключение.....	115
	Список публикаций студента .....	116
	Список используемых источников.....	117



## **Введение**

Безопасность труда – это отдельное, самостоятельное направление деятельности компании, которому уделяется большое внимание, в том числе и на уровне государства. Государство должно не только создавать системы нормативных правовых актов в области охраны труда, а также контролировать их исполнение, но и разрабатывать мероприятия по улучшению условий труда, включая координацию внедрения новейших научных разработок для повышения уровня безопасности труда. Вопрос безопасности труда особенно актуален для аварийно-спасательных работ и опасных производственных объектов. Обеспечение безопасности труда в сферах, связанных с повышенным риском для жизни человека, во многом послужило толчком к развитию и усовершенствованию беспроводных технологий. Технические проблемы, с которыми сталкиваются пожарные в процессе своей работы и возможные пути их решения.

В современных реалиях профессия пожарного-спасателя относится к одной из самых опасных. В условиях реального пожара спасателям приходится сталкиваться с такими угрозами как: взрыв, обрушения несущих конструкций, влияние отравляющих веществ, поражения электрическим током и с другими опасными факторами, которые могут привести и, к сожалению, приводят к телесным повреждениям, отравлениям, радиационному облучению и смерти. Примеров гибели пожарных немало. Их безопасность при тушении пожаров и ликвидации ЧС природного и техногенного характера, наряду со специальными правилами и приемами, обеспечивается еще и надежными, эффективными и удобными в работе СИЗ (средствами индивидуальной защиты).

К таким СИЗ относятся: боевая одежда пожарного, средства защиты головы, пожарный пояс, специальная обувь, аппараты защиты органов дыхания и др. Именно СИЗ должны защитить от опасных факторов пожара.

Современная электроника позволяет автоматически, без участия человека, контролировать различные параметры. Это может быть детектор положения или неподвижности человека, а также контроль давления в баллонах с отображением оставшегося времени. Дополнительным аргументом в пользу такой автоматизации является исключение человеческого фактора.

Система определения неподвижного состояния, наблюдаемого подразумевает под собой систему, состоящую из двух компонентов: датчик определения неподвижного состояния и стационарный контрольный пост. Сигнализатор (датчик неподвижного состояния) крепится на одежду или элемент спасательного оборудования.

В данной выпускной квалифицированной работе проведен обзор и сравнительный анализ систем определения неподвижного состояния, разработанных зарубежными и отечественными предприятиями. Целью работы является, разработка системы определения неподвижного состояния, наблюдаемого (СОНСН) на основе МЭМС-сенсоров. Датчик неподвижного состояния («Маяк») определяет неподвижное состояние спасателя и передает по радиоканалу на стационарный пост (база) информацию о неподвижности человека.

## **Глава 1 Обзор существующих систем определения недвижимого состояния**

Как правило, на объектах для обеспечения голосовой связи работников с дежурным диспетчером/руководителем работ (в том числе в экстренной ситуации) используется проводное оборудование. Это же относится и к системам аварийной звуковой и световой сигнализации. Чтобы обеспечить высокую надежность и постоянную готовность таких систем, необходимы значительные финансовые ресурсы на организацию прокладки кабельных линий, приобретение и монтаж оборудования. Оборудование, в свою очередь, должно соответствовать специальным нормам, регламентирующим его использование в зонах работ с повышенной опасностью. К тому же нужно понимать, что большую площадь рабочей зоны, связанной с повышенной опасностью, сложно обеспечить значительным количеством стационарных постов для гарантированной возможности быстро связаться с пультом диспетчера/руководителя работ. Это предполагает большие затраты, в том числе и при техническом обслуживании системы. Кроме того, имеется немалый перечень работ, которые ведутся на таких территориях, где может отсутствовать инфраструктура энергетических и телекоммуникационных сетей. В этих случаях обеспечение зоны работ проводными системами связи и экстренной звуковой/световой сигнализации является крайне сложным. Производство работ указанной категории зачастую носит ограниченный по времени характер. Монтаж проводных систем при этом осложняется необходимостью обеспечить системы источниками питания, и все это лишь на время проведения работ – по их окончании развернутые системы становятся ненужными. В качестве альтернативы проводным системам связи используют индивидуальные мобильные радиостанции или телефоны специального исполнения. Но здесь существует другая проблема. При наличии повышенного шума в зоне производства работ очень сложно распознать (услышать)

экстренный голосовой/звуковой вызов по радиостанции/мобильному телефону от дежурного диспетчера без дополнительных технических решений. Вполне логично компенсировать такой недостаток применением отдельной системы экстренной звуковой сигнализации, что также предусматривается в проектных решениях. Однако при этом акустическая часть системы должна развивать значительную мощность звукового давления. Возможно применение и системы специальной световой сигнализации. Опять же в процессе выполнения операций при производстве работ в рассматриваемых зонах заметить световые вспышки при ярком освещении возможно с некоторым опозданием, тем более, если они не попадают в область периферийного зрения работника.

Актуальные вопросы применения, в качестве примера организации систем экстренной аварийной сигнализации конкретный тип работ, где радиоканальные системы сигнализации на сегодня очень востребованы. Речь идет об оповещении работников железной дороги. В Сибири на лавиноопасных участках железнодорожных путей в зимний период существует угроза схода снежных масс. Для предупреждения схода лавин и предотвращения аварийной ситуации для движения железнодорожного транспорта силами восстановительных поездов и бригад работников проводят принудительный сход снежных масс. Данный вид работ относится к категории повышенной опасности для жизни и здоровья людей. Для железнодорожников, работающих на склоне, самостоятельно заметить начальное движение снежных масс зачастую не представляется возможным. Ведь начало движения снега может происходить вне их поля зрения. Наблюдение за общим состоянием снежного массива на склоне ведет специально назначенный сигналист. При опасном развитии ситуации сигналист обязан незамедлительно оповестить всех работников, находящихся на поверхности склона. Внедрение подобных радиоканальных систем на опасных производственных объектах и в зонах работ, связанных с повышенной опасностью для жизни и здоровья людей, позволит решить многие задачи по охране труда.

На сегодняшний день на мировом рынке предоставлено большое количество систем определения неподвижного состояния. В таблице 1 приведены результаты обзора современных зарубежных и отечественных систем определения неподвижного состояния.

Таблица 1 – Основные характеристики и параметры устройств

Наименование устройства	Габариты, мм	Вес, кг	Пылевлаго защита	Тревога, ДБ	Элемент питания
MSA AUER MotionScout [1]	50x90x45	0,23	IP67	95	2 батареи типа АА
CHC SuperPass II [2]	55x82x40	0,2	IP67	98	Щелочная батарейка 9В
Комплекс «Маяк спасателя» Стрелец[3]	125x95x35	0,32	IP67	98	АКБ Свинцовый 12В
SCOTT 2026283[4]	60x100x50	0,21	IP65	90	2 батареи типа АА
Датчик потери сознания «АГАТ-систем» [5]	95x60x58	0,22	IP65	95	Аккумуляторная батарея 9В
Bodyguard 1000 T,B[6]	90x60x40	0,22	IP67	95	Аккумуляторная батарея 9В
FIRE FLY II (MSA) [7]	50x85x50	0,26	IP65	98	2 батареи типа АА
Устройство персонального мониторинга PDU[8]	60x90x50	0,3	IP67	95	Аккумуляторная батарея 9В

Проведенный анализ информации показал, что представленные на рынке сигнализаторы неподвижного состояния имеют схожие характеристики по основным параметрам. Наибольшим функционалом обладает комплекс «Маяка спасателя» Стрелец. Индивидуальный прибор (Маяк) имеет обратную

связь с главным постом, это позволяет с командного пункта посылать сигнал «Тревога» на индивидуальные приборы в случае чрезвычайной ситуации. Это является отличительной чертой данной системы от остальных систем. Недостатком является то, что его массогабаритные размеры превышают других сигнализаторов

## **Глава 2 Принцип работы системы определения неподвижного состояния наблюдаемого**

Система определения неподвижного состояния – это мобильная приемопередающая станция, состоящая из датчика неподвижного состояния и самой станции. Станция может быть расположена в виде кейса или стационарно в аварийно-спасательной машине. Преимуществом такой станции является то, что она может питаться от аккумуляторной батареи или от любого другого внешнего источника. Эта система предназначена для спасения и охраны жизни спасательно-аварийных служб во время работы в условиях чрезвычайных условиях: при тушении пожаров, во время работы по ликвидации сход лавин и т.д.

В случае если наблюдаемый обездвижен более 30 секунд активируется сигнал тревоги, сигнализатор спасателя выполняет следующие действия:

- Передает сигнал «Тревога» на мобильную приемопередающую станцию;
- Включает мощную сирену (до 100 дБ), которая слышна на расстоянии до 100м;
- Включает сверхъяркие вспышки для поиска наблюдаемого, два сверхъярких светодиода расположены под разными углами к поверхности

корпуса, обеспечивая поиск до 10 м. в условия недостаточной видимости (например – задымленность).

Таким образом, у системы определения неподвижного состояния две основные функции:

- Обнаружение наблюдаемого, обездвиженного в результате экстремальной ситуации, по средствам сверхъярких вспышек и сирены.
- Оповещение о неподвижности наблюдаемого.

### **Глава 3 Обзор существующих микромеханических сенсоров для построения датчика неподвижного состояния. Обоснование выбора компонентов системы**

Сигнализатор неподвижного состояния (датчик неподвижного состояния) – малогабаритное индивидуальное устройство, контролирующее состояние (подвижность) пожарного/спасателя. При отсутствии подвижности пожарного/спасателя по каким-либо причинам (попадание под завал, потеря сознания из-за воздействия внешних факторов и т.д.), по истечении 30 сек, сигнализатор неподвижного состояния (СНС) переходит в режим «тревога», который сопровождается миганием светодиодов и звуковым сигналом.

#### **3.1 Выбор датчика определения неподвижного состояния на основе микроэлектромеханических систем**

Обработка движения — новая прорывная технология, с которой начнется волна инноваций в проектировании карманных потребительских устройств, пользовательского интерфейса и систем управления. Эта технология предполагает детектирование движения в трехмерном пространстве, измерение

параметров (скорости, угловой скорости, направления, ускорения, момента и т.д.) и передачу данных в процессор. С появлением коммерческих устройств инерциального измерения (IMU — inertial measurement unit), основанных на МЭМС, развитие обработки движения стало идти еще быстрее. Устройства IMU, оснащенные инструментами обработки движения, обеспечивают более простой пользовательский интерфейс (интуитивная навигация) и управление устройством без нагромождения операций и меню.

Для полноценной обработки необходимы шесть осей измерения. Главное звено в системе распознавания движения — гироскоп, который традиционно используется для определения абсолютной скорости вращения. Гироскоп реагирует на изменение потока энергии между двумя резонансными положениями структуры, обусловленное силой Кориолиса, которая возникает при вращении внутренней рамы и пропорциональна скорости вращения (рис. 1). Гироскопы измеряют угловую скорость  $\Omega$  по величине силы Кориолиса.



Рисунок 1 – Механизм возникновения силы Кориолиса



Когда гироскоп начинает вращаться, возникает сила Кориолиса, направленная перпендикулярно вектору скорости и пропорциональная его модулю. Величина скорости измеряется емкостным способом между зубьями гребенки по периметру вибрирующей структуры и зубьями неподвижной рамки, окружающей стержни. Гироскоп проектируется так, чтобы возникающее в нем ускорение Кориолиса было максимальным, а трение — минимальным.

Датчики ускорения (акселерометры) позволяют детектировать только простое движение, например, определять угол наклона или ориентацию устройства в пространстве. С их помощью можно измерить только сумму поступательного и центростремительного ускорений, силу тяжести и колебательную силу, вызывающую вибрацию. Для выделения одной компоненты, например, поступательного движения, необходимо использовать дополнительный гироскоп, который точно измерит угловую скорость вращения. Таким образом, для более сложных задач, таких как оптическая стабилизация изображения, акселерометры непригодны.

Гироскопы — единственные инерционные датчики, позволяющие точно и без задержки измерить параметры вращательного движения. Они не подвержены никаким внешним воздействиям, в том числе магнитным и гравитационным. Появление кремниевых гироскопов на основе МЭМС и снижение их стоимости позволило существенно расширить функциональность мобильных устройств. Помимо доступной цены, гироскопы на основе МЭМС имеют другие достоинства: малый размер и высокую точность [9].

Для определения всех параметров движения необходимо проводить измерения по трем осям поступательного и трем осям вращательного движения. Для качественного измерения скорости и направления поступательного и вращательного движения необходимы оба вида датчиков.

Гироскопы в одиночку могут использоваться для измерения вращательной компоненты. Системы на основе датчиков ускорения могут

использоваться в приложениях с неподвижной системой координат, а также для измерения угла поворота или параметров поступательного движения. Другими словами, они подходят только для тех случаев, когда система не совершает свободного вращения. Для одновременного анализа поступательного и вращательного движения необходимы и гироскоп, и акселерометр. Датчики ускорения имеют большую точность измерения, когда устройство покоится, а МЭМС-гироскопы — когда оно движется. Для объединения данных, полученных от датчиков, обычно используется алгоритм обработки данных из разных источников [9] (рис. 2).

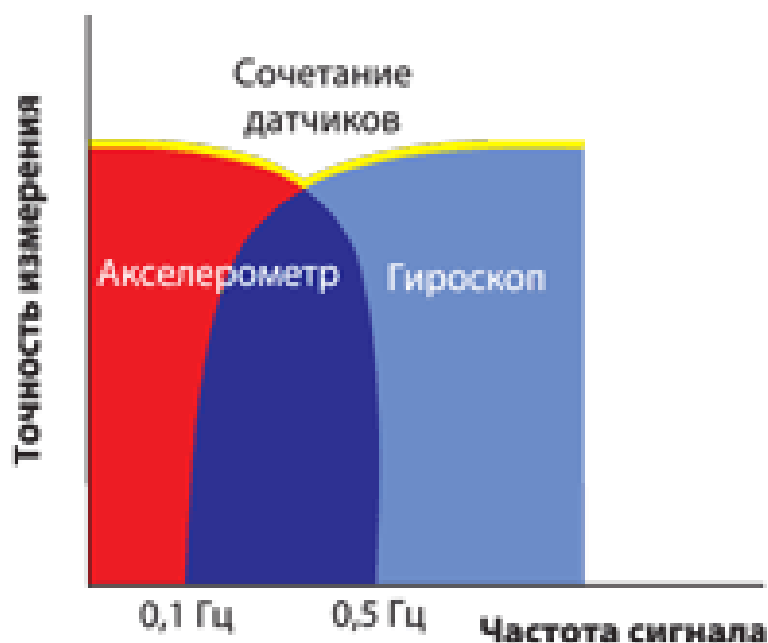


Рисунок 1.1 – Алгоритм объединения данных

При выборе способа обработки движения следует проводить тщательный анализ многих факторов, включая полный диапазон работы устройства, чувствительность, напряжение смещения, шумовые характеристики, чувствительность между осями, влияние температуры, влажности и механическую прочность устройства.

На сегодняшний день имеется масса различных датчиков неподвижного состояния (персональный сигнализатор неподвижного состояния), которые

различаются своим функционалом, массогабаритными размерами, ценой и т.д. Существуют МЭМСы гироскопы и акселерометры как по отдельности, так и совместно. Например:

1. Pmodgyro - представляет [10] собой 3-осевой гироскоп питается от STMicroelectronics L3G4200D. 3-осевой MEMS цифровой гироскоп с высокой ударной живучести. Получить данные угловых скоростей с возможностью выбора пользователем разрешения (250/500/2000dps). Два настраиваемых контакты прерывания. Power-режим и режимы сна. Малый размер PCB для гибкой конструкции (2,5 см x 2,0 см)



Рисунок 2 – Гироскоп Pmodgyro

2. Акселерометр LIS331DLH является ультранизким энергопотреблением высокой производительностью трех осей линейного акселерометра, принадлежащих к "нано" семье, с цифровым I2C / SPI. Последовательный интерфейс стандартный вывод. Устройство имеет ультранизкое энергопотребление, операционные режимы. Акселерометр гарантированно работает в течение длительного времени, при температуре от -40 ° C до +85 ° C [11].

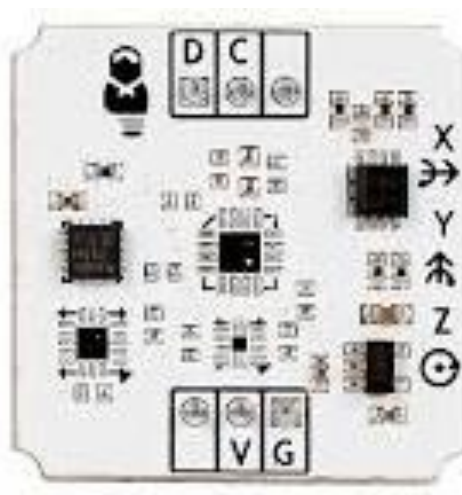


Рисунок 2.1 – Акселерометр LIS331DLH

3. Трехосный акселерометр MMA8452Q - Платка с размещенном на ней чипом MMA8452Q представляющем собой умный трех осевой ёмкостной MEMS акселерометр с низким потреблением и 12-битным разрешением. У чипа есть встроенная функция пользовательской конфигурации двух выводов прерываний, благодаря чему можно существенно сэкономить на потреблении. MMA8452Q позволяет задавать в реальном времени полную шкалу как  $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g$  с отфильтрованными высокочастотными данными или не отфильтрованными. Подтягивающие резисторы для шины I2C уже впаяны на плату, потребление тока: 6 - 165 мкА [12].



Рисунок 3 – Трехосный акселерометр MMA8452Q

Для создания сигнализатора неподвижного состояния были выбраны следующие компоненты: датчик движения - (акселерометр и гироскоп MPU6050), данный МЭМС содержит в себе гироскоп и акселерометр что позволяло экономить пространство и упрощает подключение; микроконтроллер Arduino был выбран из-за его простого интерфейса, массогабаритных размеров, надежности и ценовой политики; радиоканал с передатчиком MX-F01 и приемником MX-RM; микроконтроллер Arduino, через который сигнал с приемника передается на компьютер.

Микросхема MPU6050 (рис. 4) содержит на борту, как акселерометр, так и гироскоп, а помимо этого еще и температурный сенсор. MPU6050 является главным элементом модуля GY-521. Помимо этой микросхемы на плате модуля расположена необходимая обвязка MPU6050, в том числе подтягивающие резисторы интерфейса I<sup>2</sup>C, а также стабилизатор напряжения на 3,3 вольта с малым падением напряжения (при питании уже в 3,3 вольта на выходе стабилизатора будет 3 ровно вольта) с фильтрующими конденсаторами. Размер платы модуля GY-521 10 x 20 мм.

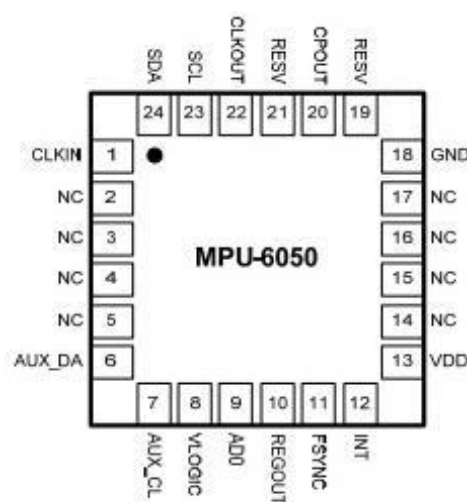


Рисунок 4 – Микросхема MPU-6050

### Характеристики MPU6050:

- напряжения питания 2,375 - 3,46 вольт,
- потребляемый ток до 4 мА,
- интерфейс передачи данных – I<sup>2</sup>C,
- максимальная скорость I<sup>2</sup>C - 400 кГц,
- вход для других датчиков I<sup>2</sup>C,
- внутренний генератор на 8 МГц (вне модуля возможность подключить внешний кварцевый резонатор на 32,768 кГц или 19,2 МГц).

### Функции MPU6050:

- трех осевой MEMS гироскоп с 16 битным АЦП,
- трех осевой MEMS акселерометр с 16 битным АЦП,
- DigitalMotionProcessor (DMP),
- slave I2C для подключения к микроконтроллеру,
- master I2C для подключения к микросхеме дополнительного датчика,
- регистры данных датчиков,
- FIFO,
- Прерывания,
- температурный сенсор,
- самопроверка гироскопа и акселерометра,
- регистр идентификации устройства.

Модуль GY-521 (рис. 5) на микросхеме HMC5883L - это трехосевой цифровой магниторезистивный компас (магнитометр на три координаты).

Кроме этого на плате модуля GY-521 размещены необходимые для надежного функционирования подтягивающие резисторы.

Микросхема HMC5883L работает по шине I<sup>2</sup>C. В качестве сенсоров используется три магниторезистивных датчика.

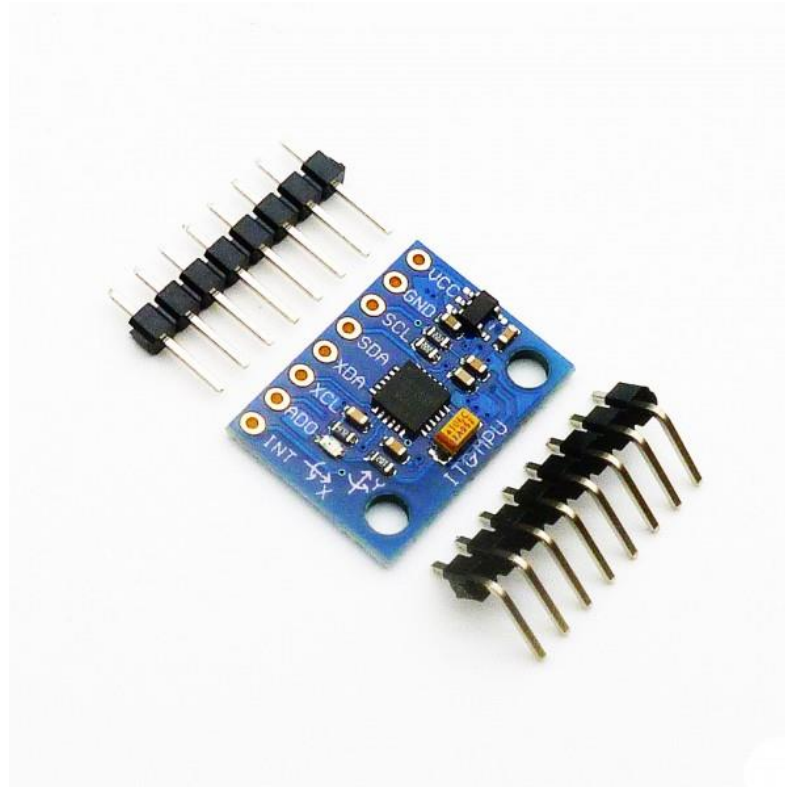


Рисунок 5 – Модуль GY-521

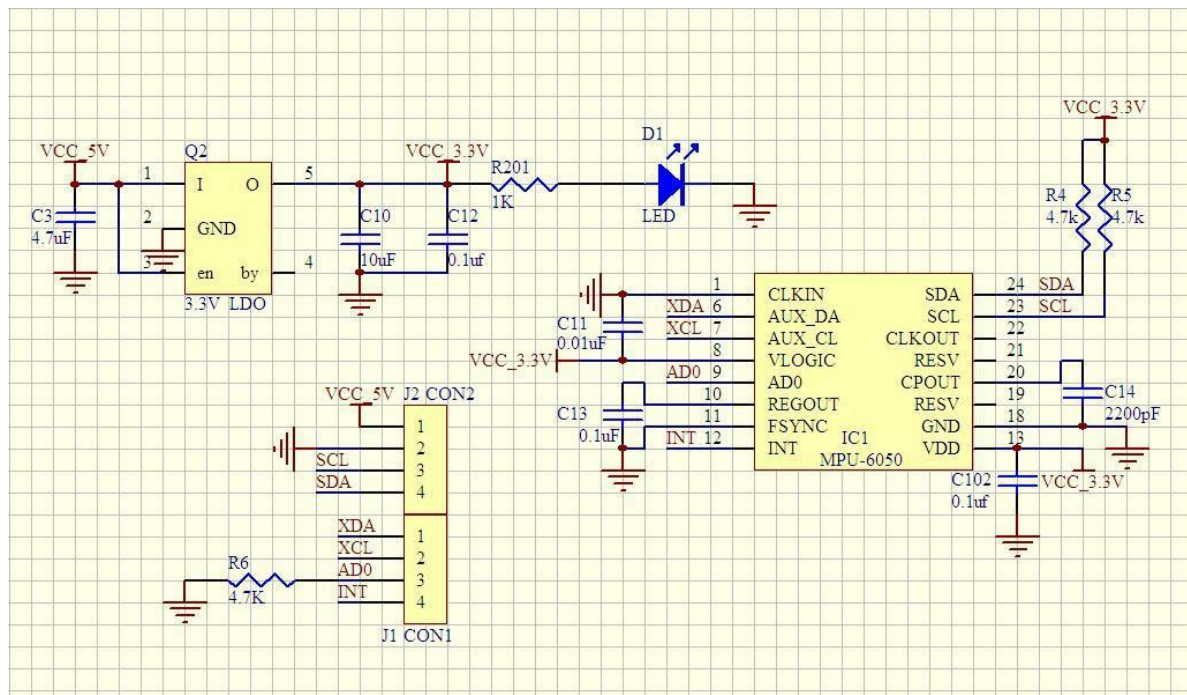


Рисунок 6 – Принципиальная схема модуля GY-521

Технические характеристики модуля GY-521 предоставлены в виде таблицы.

Таблица 2 – Технические характеристики модуля GY-521 [13]

Микросхема	MPU-6050
Напряжение питания	от 3,3V до 5V(DC)
Акселерометр диапазона	$\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16g$
Гироскоп диапазона	$\pm 250 \ 500 \ 1000 \ 2000^\circ / c$
Связь с контроллером	ИС (I2C)
Размеры модуля	15x20мм
Вес модуля	5грамм
Ток потребления	до 4мА

### 3.2 Выбор микроконтроллера датчика неподвижного состояния

Для подключения датчиков и компьютера применяется устройство интерфейса и в данной работе используется программируемый контроллер ArduinoUno.

ArduinoUno контроллер построен на ATmega328 (рис. 7). Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.

В отличие от всех предыдущих плат, использовавших FTDI USB микроконтроллер для связи по USB, новый ArduinoUno использует микроконтроллер ATmega8U2.



Длина и ширина печатной платы ArduinoUno составляют 69 и 53 мм соответственно. Разъем USB и силовой разъем выходят за границы данных размеров. Четыре отверстия в плате позволяют закрепить ее на поверхности. Расстояние между цифровыми выводами 7 и 8 равняется 0,4 см, хотя между другими выводами оно составляет 0,25 см.



Рисунок 7 – Контроллер ArduinoUno

Таблица 3 – Технические характеристики ArduinoUno [14]

Микроконтроллер	ATmega328
Рабочее напряжение	5В
Входное напряжение	7-12В
Цифровые Входы/Выходы	14
Аналоговые входы	6
Постоянный ток через вход/выход	40мА
Флеш-память	32Кб (ATmega328)
ОЗУ	2Кб (ATmega328)
EEPROM	1Кб (ATmega328)
Тактовая частота	16МГц

### 3.3 Выбор компонентов радиоканала

Радио модули: передатчик (MX-F01) (Рис.8) и приёмник (MX-RM-5V) (Рис.9) - предназначен для передачи данных по радиоканалу, на нелицензируемой частоте 433,920 МГц лежащей в диапазоне LPD433 (LowPowerDevice) предназначенном для маломощных устройств [15].

Передатчик использует цифровой вход для передачи сигнала с использованием амплитудной манипуляции ASK (AmplitudeShiftKeying). Амплитудная манипуляция (ASK) отличается от амплитудной модуляции (AM - amplitudemodulation) тем, что модулировать можно любой сигнал (как цифровой, так и аналоговый), а манипулировать только цифровым.

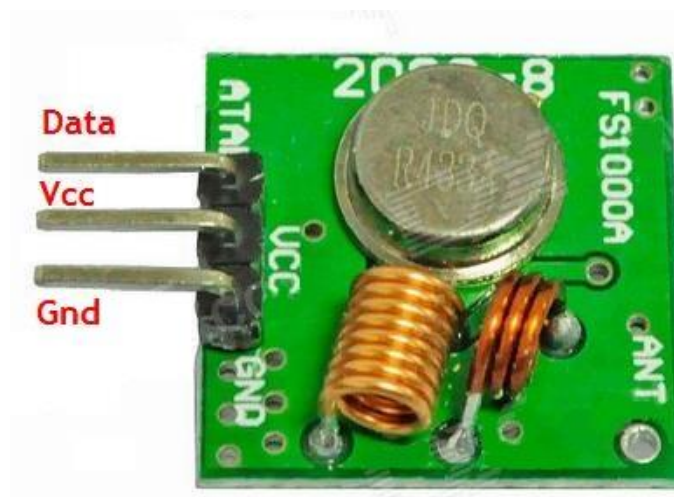


Рисунок 8 – Передатчик MX-F01

Приёмник имеет два, электрически соединённых, цифровых выхода (можно использовать любой). На выходе устанавливается уровень логической «1» при наличии несущей частоты в радиоканале и уровень логического «0» при её отсутствии.

Приемник (модель XY-MK-5V) представляет собой сверхгенератор, на выходе которого стоит компаратор, приемники такого типа являются очень простыми из-за малого количества деталей, обладают высокой

чувствительностью и автоматической регулировкой усиления, однако есть и недостатки, из-за высокой чувствительности и широкой полосы пропускания, он ловит много помех, на выходе всегда присутствует шум. Плата приемника имеет четыре вывода: Vcc, Gnd – питание 5В, и выход в виде двух совмещенных выводов (data) [15].

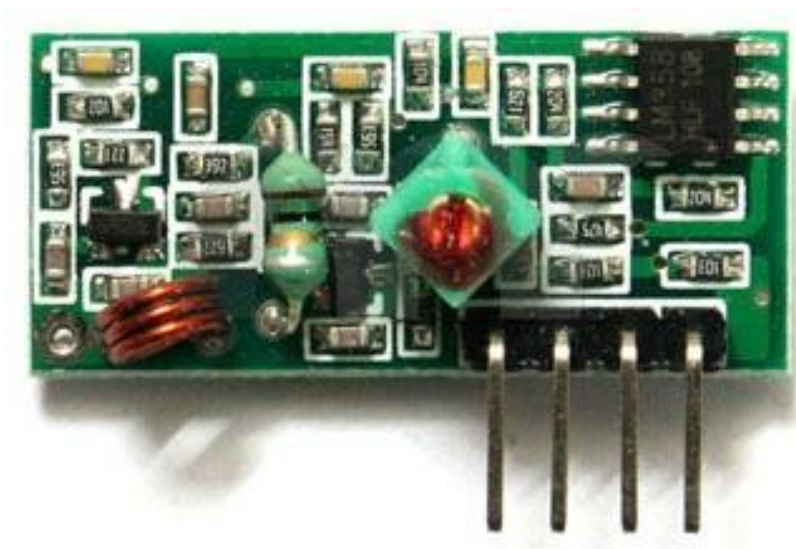


Рисунок 9 – Приемник MX-RM-5V

В приёмнике реализован блок автоматической регулировки усиления (AGC - AutomaticGainControl) благодаря которому увеличивается дальность приёма, но при отсутствии сигнала от передатчика, на выходе приёмника наблюдаются хаотичные чередования логических уровней.

Данные передаются по радиоканалу на расстоянии до 100 м в пределах прямой видимости (указано производителем). Расстояние уверенного приёма можно увеличить, если подключить антенны к передатчику и приёмнику. Усилитель любого приемника – это антенна. Одна из самых простых антенн – штыревая (отрезок определенной длины провод). Длина антенны приемника, а также передатчика должна быть кратна четверти длины волны несущей

частоты, т.е. штыревые антенны бывают: бывают четвертьволновые ( $L/4$ ), полуволновые ( $L/2$ ) и равные длине волны ( $1L$ ).

Расчет длины радиоволны, где  $c$  - скорость света,  $\nu$  - частота

$$L = \frac{c}{\nu} = \frac{299'792'458}{433'920'000} = 0,6929 м = 691 мм. \quad (3.1)$$

Таким образом, длина антенн для приемника и передатчика, работающего на частоте 433,920 МГц может быть: 691 мм ( $1L$ ), 345 мм ( $L/2$ ), или 173 мм ( $L/4$ ). Антенны припаиваются к контактным площадкам, как показано на рис. 10 и 11.

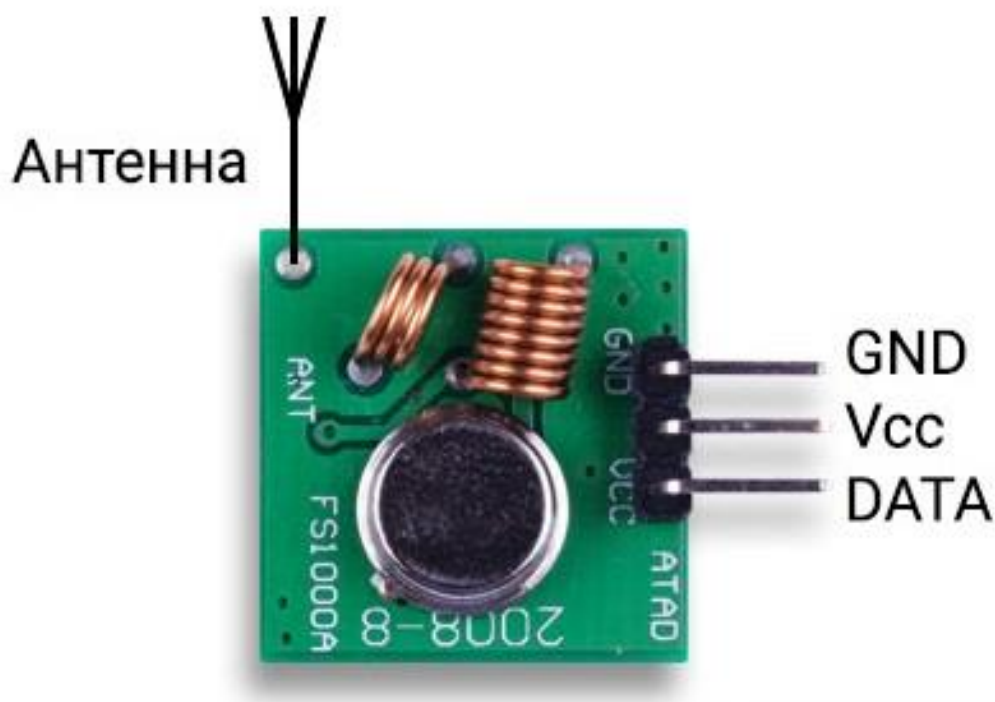


Рисунок 10 – Схема подключения антенны к передатчику MX-F01

Таблица 4 – Технические характеристики передатчик MX-F01

Напряжение питания	3-12 В
Ток потребления в режиме ожидания	0 мА
Ток потребления в режиме передачи	20-28 мА
Рабочая частота	433.920 МГц

Выходная мощность передатчика	40 мВт
Тип модуляции	амплитудная
Температурный диапазон	–10...+70 °С
Размеры	19х19х8 мм
Скорость	не больше 10 Кб/с
Погрешность частот	150 кГц

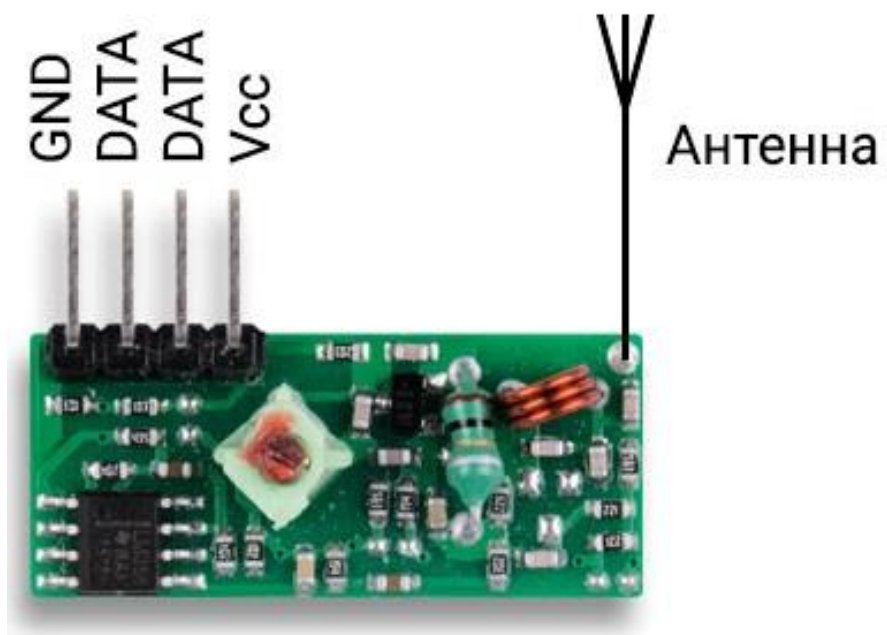


Рисунок 10.1 – Схема подключения антенны к приемнику MX-RM-5V

Таблица 5 – Технические характеристики приемник MX-RM-5V [15 ]

Напряжение питания	5В
Ток потребления в режиме ожидания	0 мА
Ток потребления	4 мА
Рабочая частота	433.920 МГц
Выходная мощность передатчика	40 мВт
Температурный диапазон	–10...+70 °С
Размеры	30х14х7 мм
Скорость приемника	<9.6 Кб/сек
Пропускная способность	2 МГц
Метод приема данных	OOK/ASK

### 3.4 Выбор элементов оповещения

Сигнальная сирена и сверхъяркий диод является неотъемлемой составляющей датчика неподвижного состояния т.к. с помощью издаваемых звуковых волн, световых излучений пьезоизлучателем можно определить местоположения наблюдаемого, находящегося в бессознательном состоянии

В датчик определения неподвижного состояния выбран светодиод сверхъяркий 3R5 (рис. 11).



Рисунок 11 – Светодиод 3R5.

Сверхъяркий светодиод 5мм, тип линзы – helmet, Широкий угол рассеивания 140-180 градусов. Светодиод отлично подходит для осветительных приборов, прожекторов, фонарей. Оптико-электронные характеристики представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Оптико-электронные характеристики Светодиод 3R5 [16]

Падение напряжения	2В
Длина волны	3800-5500К
Номинальный ток	20мА
Сила света	1700-2500мкд
Угол рассеивания	140-180град.
Цвет	Белый

Для подключения светодиода к плате Arduino Uno необходимо подключить резистор последовательно светодиоду (рис.12).

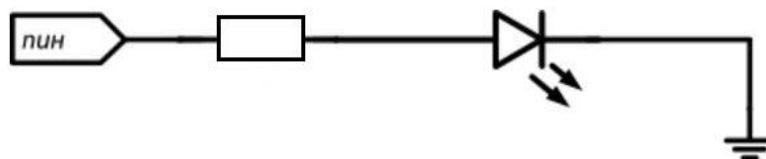


Рисунок 12 – Схема подключения резистора и светодиода

Выбор резистора нужного номинала рассчитывается из формулы:

$$R = \frac{U_R}{I}, \quad (3.2)$$

где  $U_R$  – падение напряжение на резисторе;

$I$  – номинальный ток.

Формула расчета падения напряжения на резисторе:

$$U_R = U_{\text{ип}} - U_{\text{сд}} \quad (3.3)$$

Где,  $U_{\text{ип}}$  - напряжение источника питания,  $U_{\text{сд}}$  - падение напряжения светодиода.

$$U_R = 5 - 2 = 3V \quad (3.4)$$

Подставляем полученное значение в формулу (3.2)

$$R = \frac{3}{0.02} = 150\text{Ом} \quad (3.5)$$

При подключении светодиода к плате Arduino Uno необходимо подключить в цепь резистор номиналом 150 Ом. Для лучшего восприятия и повышения обнаружения наблюдаемого, стоит использовать пару сверхъярких светодиодов.

Формула (3.3) примет вид:



$$U_R = U_{\text{ип}} - (U_{\text{сд1}} + U_{\text{сд2}}) \quad (3.6)$$

Расчет резистора для двух светодиодов:

$$R = \frac{1}{0.02} = 50 \text{ Ом} \quad (3.7)$$

Выбор звуковой сигнализации происходит исходя из основных требований к ней, таких как: массогабаритные размеры, создаваемое звуковое давление, цена

Под данные требования подходят различные пьезоизлучатели. Оптимальный вариант звуковой сигнализации – пьезоизлучатель NINGBO EAST TFM-05BA (рис.13).



Рисунок 13 – Пьезоизлучатель NINGBO EAST TFM-05BA

Технические характеристики представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики пьезоизлучателя NINGBO EAST TFM-05BA [17]

Мощность излучения	85дБ
Рабочая температура	–20...+70 °С



Диапазон рабочих частот	1кГц
Габаритные размеры	44х14
Ток потребления	6мА

### 3.5 Выбор элемента питания

Батарейка – гальванический элемент, представляющий собой автономный компактный источник постоянного тока. Батарейки являются самыми распространенными источниками питания для мелкой техники и электроники.

Наиболее часто используемые виды батареек:

- Солевые батарейки,
- Щелочные батарейки,
- Ртутные батарейки,
- Серебряные батарейки,
- Литиевые батарейки [18]

Каждый вид батарейки имеет достоинства и недостатки.

#### Солевые батарейки

Маркировка солевой батарейки - R. Электроды солевых батареек изготавливаются из цинка и оксида марганца. Электроды помещены в отдельные электролиты, у каждого электрода отдельный свой электрод, электролитом выступает раствор хлорида аммония, электроды соединены между собой солевым мостом.

Достоинства такого типа батареек низкая цена.

Недостатки: при низких температурах емкость солевых батареек стремится к нулю.

## Щелочные батарейки

Маркировка – LR. В щелочных батарейках электроды изготавливают из двуокиси марганца и цинка, а электролит – гидроксид калия.

Достоинства: большая емкость, длительный срок службы. Хорошая герметичность, стабильная работа при низких температурах.

Недостатки: относительно высокая цена.

## Ртутные батарейки

Ртутная батарейка – гальванический элемент в котором анодом служит цинк, а катодом – оксид ртути. Катод и анод разделены между собой сепаратором и диафрагмой, пропитанной электролитом – 40% щелочной растров. Ртутные батарейки отличаются от алколайновых более высокой емкостью. Устойчивостью к низким и высоким температурам, продолжительный срок хранения и эксплуатации.

Достоинства: постоянство напряжения, достаточно высокая энергоплотность и энергоёмкость. Устойчивостью к низким и высоким температурам.

Недостатки: высокая стоимость, токсичность при нарушении герметизации, утилизационный сбор.

## Серебряные батарейки

Маркировка – SR. Батарейка серебряная – гальванический элемент, в котором катодом является оксид серебра, а анод – цинк. Электролитом выступает щелочь: гидроксид калия или гидроксид натрия.

Батарейки данного типа по эксплуатационным характеристикам во многом схожи с ртутными батарейками.

Достоинства: постоянство напряжения, высокая энергоемкость и энергоплотность, устойчивость к высоким и низким температурам, длительный срок службы (серебряные батареи служат на 40% больше литиевых аналогов), продолжительный срок хранения.

Недостатки – высокая стоимость.

#### Литиевые батарейки

Маркировка – LR. Батарейка литиевая обладает самой большой емкостью на единицу массы, постоянством напряжения и высокой плотностью энергии. Состав катода и анода литиевой батарейки состоит из различных материалов. Анод и катод разделены между собой диафрагмой и сепаратором, пропитанной органическим электролитом (рис.14)

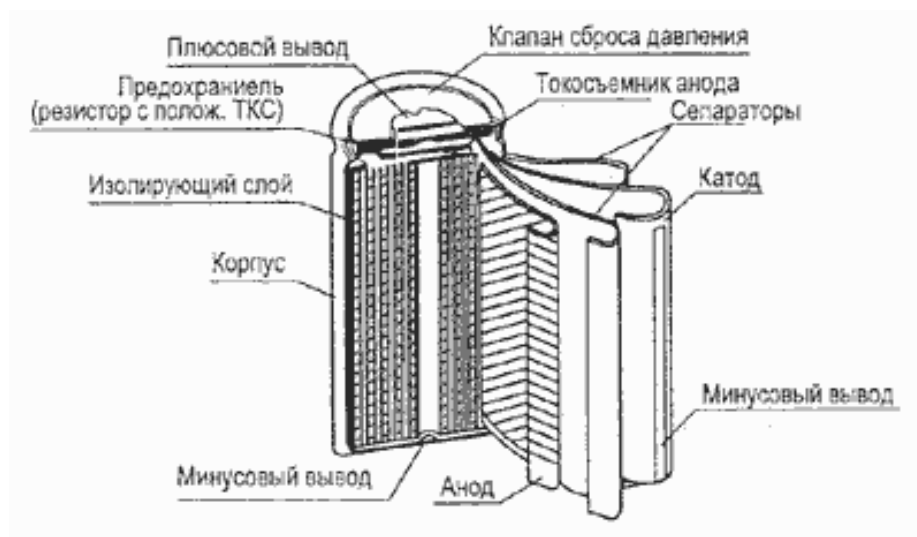


Рисунок 14 – Литиевая батарейка

Достоинства: емкость литиевой батарейки не зависит от тока нагрузки. При большом токе нагрузки срок службы намного больше, чем у щелочных такой же ёмкости. Имеют сравнительно малый вес относительно других видов батареек такого же вида. Из-за отсутствия воды, батарейка устойчива к высоким и низким температурам.

Недостатки: достаточно высокая цена.

### Классификация батареек

Все батарейки определенным образом классифицируются в зависимости от размеров и формы. Классифицируются батарейки по американскому стандарту.

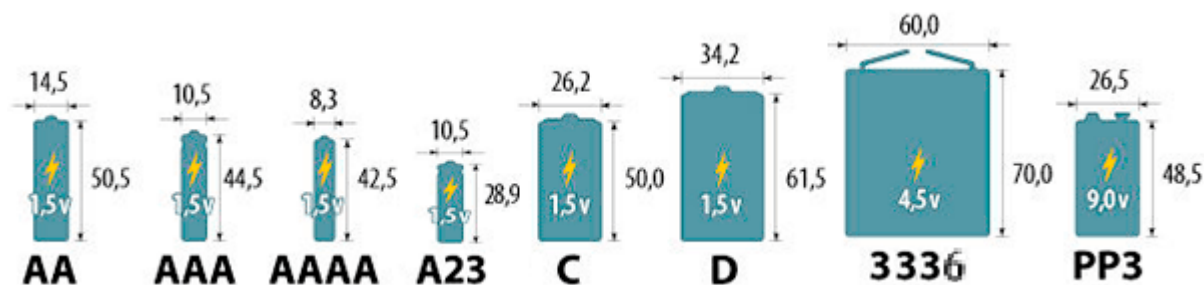


Рисунок 15 – Классификация батареек

Данная система классификации весьма удобна, а также применяется во многих странах мира, в России действует ГОСТ 9294-83.

Таблица 8 – классификация батареек по ГОСТ [19]

	Американское название	Название ГОСТ	Обиходное название
1.	A (A23)	-	-
2.	AA	Элемент 316	Батарейка «пальчиковая» или батарейка «Два А)
3.	AAA	Элемент 286	Батарейка «мизинчиковая» или батарейка «три А)
4.	AAAA	-	«четыре А»
5.	C	Элемент 343	C – батарейка, «дюймовочка», «эска»
6.	D	Элемент 373	D – батарейка, большая , «Бочка»

7.	-	Элемент 3336	«квадратная», «плоская»
8.	PP3	Крона	«крона»

Элементом питания датчика неподвижного состояния и станции выбрана батарейка PP3 «Крона» Varta PROFESSIONAL LITHIUM 9V. Данная батарейка по характеристикам подходит к предъявляемым требованиям. Характеристики батареи представлены в таблице 9.

Таблица 9 – характеристики батареи Varta PROFESSIONAL LITHIUM 9V

Тип	Батарея
Химическая система	Lithium
Емкость аккумулятора	1200мАч
Напряжения	9В
Масса	36.4г

Одно из главных требований, расчет длительности работы батарейки. Температурные диапазоны работы.

Расчет длительности работы батарейки определяется по формуле:

$$t = \frac{C}{I}, \quad (3.8)$$

Где,  $C$  – емкость батареи;

$I$  – ток потребления.

Расчет тока потребления датчика:

$$I_{\text{д}} = I_{\text{динам}} + I_{\text{диод}} + I_{\text{передатч}} + I_{\text{плата}} + I_{\text{гиро}}, \quad (3.9)$$

$$I_{\text{д}} = 6 + 20 + 28 + 43 + 4 = 101 \text{ мА}. \quad (3.10)$$

Расчет тока потребления станции:

$$I_c = I_{\text{диод}} + I_{\text{прием}} + I_{\text{плата}}, \quad (3.11)$$

$$I_c = 20 + 43 + 17 = 77 \text{ мА}. \quad (3.12)$$

Подставив полученные значения в формулу (3.8) получим время работы датчика станции:

$$t_o = \frac{1200}{101} = 12 \text{ ч}, \quad (3.13)$$

$$t_o = \frac{1200}{77} = 15.5 \text{ ч}. \quad (3.14)$$

Из формул (3.13 и 3.14) следует, что длительность работы датчика и станции составляет 12 и 15.5 часов бесперебойной работы соответственно. Такой запас времени является удовлетворительным.

## Глава 4 Проектирование сигнализатора неподвижного состояния

### 4.1 Структурная схема системы определения неподвижного состояния

Структурная схема сигнализатора (рис.16) включает в свой состав: датчики движения (акселерометр и гироскоп MPU6050), которые реагируют на поступательное и вращательное движение; микроконтроллер Arduino; радиоканал с передатчиком MX-F01 и приемником MX-RM; микроконтроллер Arduino, через который сигнал с приемника передается на информационную панель [20]. При отсутствии подвижности наблюдаемого в течении 30 секунд, с модуля MPU6050 поступает сигнал о неподвижности на плату Arduino. Платы Arduino связаны между собой радиомодулями, по радиоканалу на вторую Arduino передается сигнал, где в дальнейшем информация о неподвижности отображается в виде сигнализации светодиода.

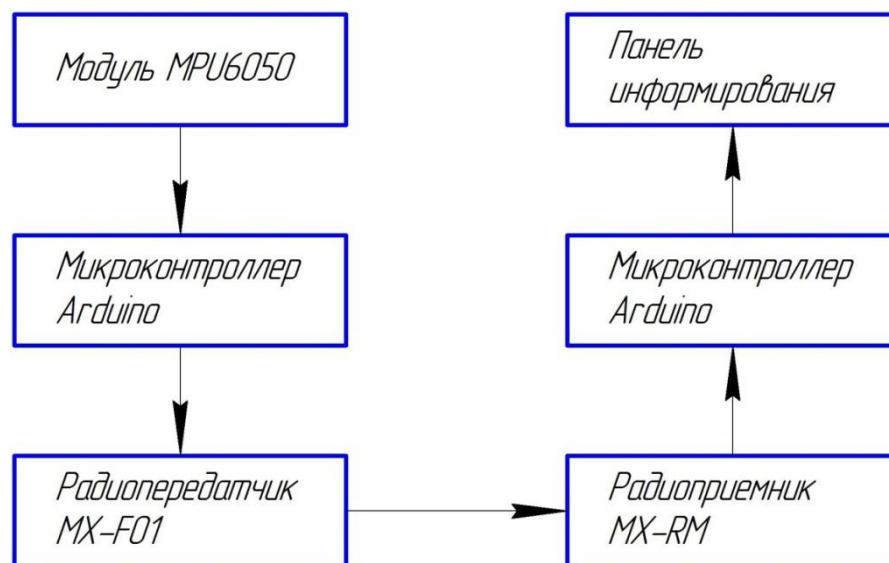


Рисунок 16 – Структурная схема системы определения неподвижного состояния наблюдаемого

## 4.2 Разработка алгоритма определения неподвижного состояния

При определении пространственных параметров подвижного/неподвижного состояния спасателя с помощью бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС), существует несколько вариантов. В ВКР определение неподвижного состояния спасателя определяется с использованием микроэлектромеханических (МЭМС) датчиков. В данной работе используется модуль GY-521, имеющий на борту: акселерометр, гироскоп.

Такая система представляет собой некоторую массу, закрепленную на подвесе, обладающим упругостью. Если такую систему повернуть под каким-то углом, или предать линейное ускорение, то упругий подвес отреагирует на движение под действием массы и отклонится, и по этому отклонению определяется ускорение. Таким образом, гироскоп реагирует на изменение в

пространстве независимо от направления движения, с помощью акселерометра может измерять линейные ускорения предмета, а так же и искусственно рассчитываемое расположение предмета в пространстве.

Алгоритм определения неподвижного состояния спасателя предоставлен по рис.17.

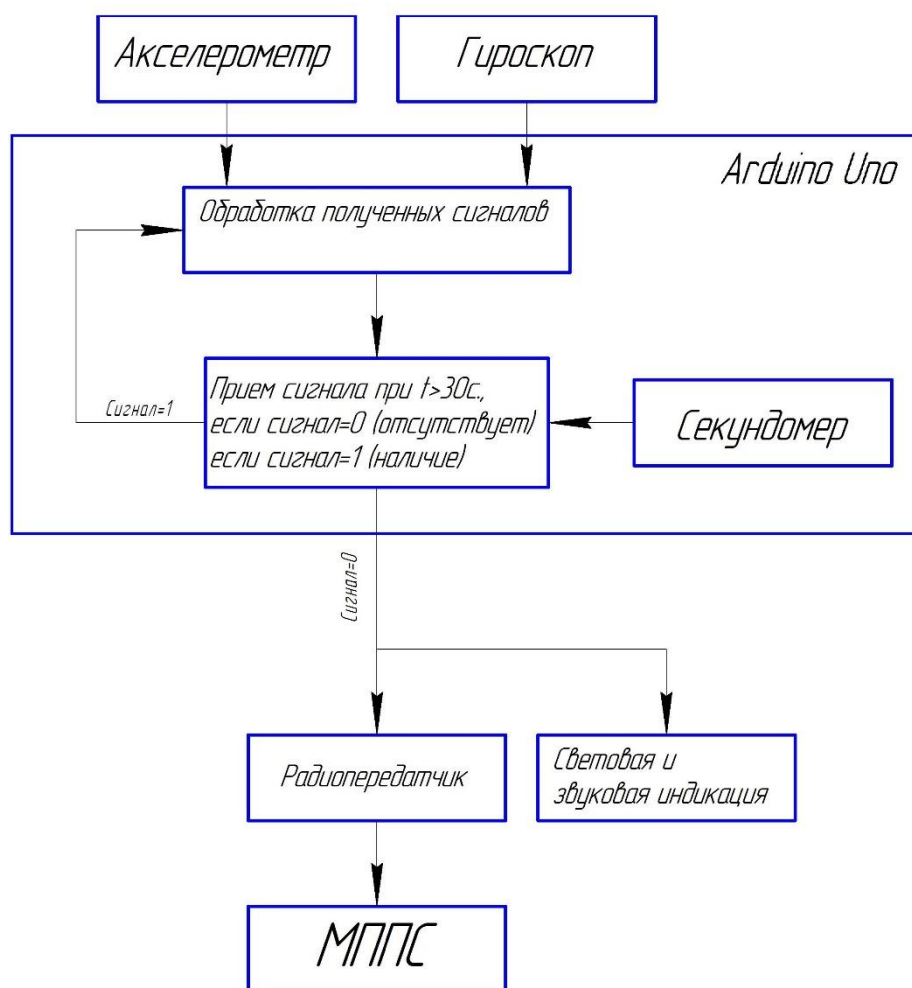


Рисунок 17 – Алгоритм определения неподвижного состояния спасателя

Акселерометр и гироскоп снимают данные передвижения спасателя в пространстве. Снятые данные с гироскопа и акселерометра обрабатываются в виде сигнала. Где сигнал равен нулю – отсутствие перемещения по осям



акселерометра и гироскопа, что означает, отсутствие перемещения спасателя, сигнал равен единице, имеется перемещение по одной из осей гироскопа либо акселерометра. При сигнале равном нулю включается секундомер, если в течении 30 секунд сигнал остается неизменным, данные передаются на передатчик, затем по радиоканалу на мобильную приемопередающую станцию (МППС) где информирует о возможном происшествии. Так же при отсутствии перемещения спасателя, на маяке, включаются световая и звуковая индикация. При сигнале = 1, сигнал по обратной связи возвращается в блок «обработки полученных сигналов».

#### **4.3 Разработка системы передачи информации на МППС**

Датчик неподвижного состояния - предназначен для охраны и спасения жизни пожарных при работе в условиях чрезвычайных ситуаций: при тушении пожаров в зданиях со сложной планировкой, а также при угрозе обрушения и воздействия внешних факторов пожара. Сигнализатор закрепляется на ремне или лямке спасателя. Датчик содержит в себе гироскоп и акселерометр для определения пространственной ориентации, из которой можно определить движется или имеет вращение по какой-либо из осей гироскопа или акселерометра. В случае, когда движение/вращение отсутствует на протяжении 30 секунд, на МППС передается радиосигнал по радиоканалу. На МППС загорается сигнальная лампа о неподвижном состоянии человека. В качестве передатчика на устройстве используется передатчик MX-F0 и приемник MX-RM на МППС. Применяемый приемо-передатчик обеспечивает дальность передачи до 500 м в зоне прямой видимости с дополнительной антенной длиной 17,5; 35 или 70 см. Также маяк может передавать окружающую температуру, в области, где работает спасатель.

Блок схема датчика неподвижного состояния предоставлена на рис. 18.

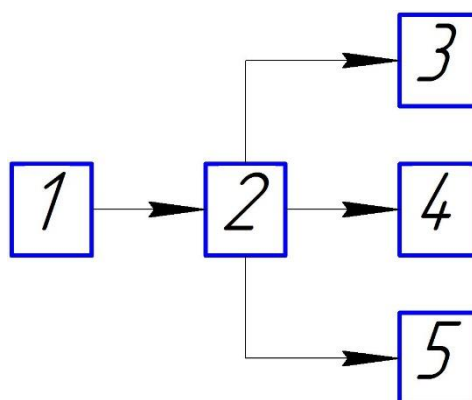


Рисунок 18 – Блок схема датчика неподвижного состояния

Сигнальное устройство спасателя (1) содержит устройство определения неподвижного состояния (Модуль GY-271), который соединён с блоком управления и питания (2), с передатчиком (3), а также подключен к сирене (4) и к устройству световой сигнализации (5).

## Глава 5 Сборка и программирование компонентов системы определения неподвижного состояния наблюдаемого

### 5.1 Подключение платы arduino uno и модуль GY-521

Питание модуля GY-521 поступает на вход стабилизатора напряжения Q2 с выходным напряжением 3,3В. На стабилизаторе происходит падение напряжение 0,3-0,4В, поэтому напряжение питания модуля должно быть выше 3,3В. Индикатор питания модуля GY-521 – светодиод D1. Назначение контактов: VCC – напряжение питания, GND – общий провод, SCL – тактовый сигнал I2C, CDA – данные I2C, XDA – данные шины I2C при работе в режиме мастера, XCL – тактовый сигнал шины I2C при работе в режиме мастера, AD0 – бит 0 адреса I2C, INT – выход сигнала о готовности данных для использования как внешнего прерывания МК

Подключение модуля GY-521 к Arduino UNO:

SCL подключить к аналоговому выходу A5 платы Arduino; SDA подключить к аналоговому выходу A4 платы Arduino; VCC подключить к пину 5V; GND заземлить с пином платы GND.

Схема подключения модуля GY-521 к микроконтроллеру Arduino приведена на рис. 19.

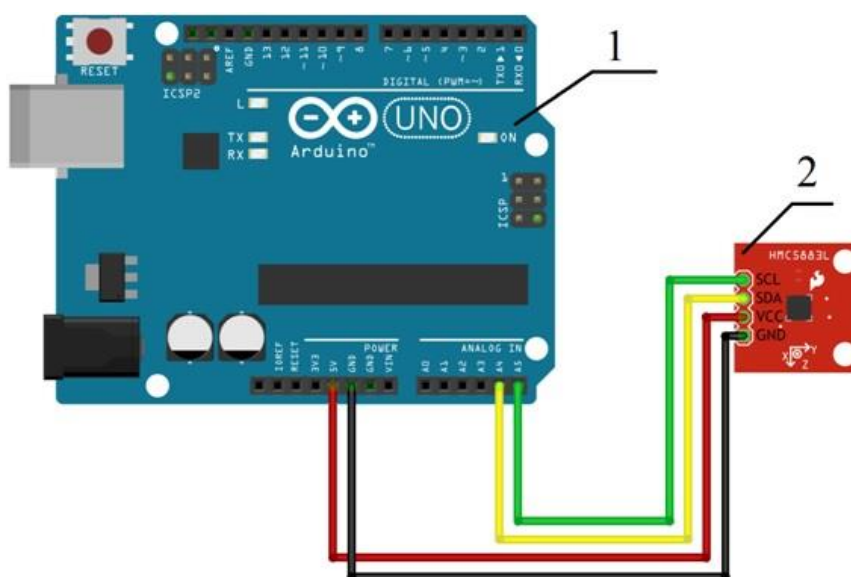


Рисунок 19 – Схема подключения GY521к микроконтроллеру ArduinoUno:

1 – микроконтроллер ArduinoUno, 2 – модуль GY521.

## 5.2 Подключение радиомодулей к микроконтроллеру Arduino Uno

Подключение радиопередатчика MX-F01 к плате Arduino Uno.

Назначение выводов передатчика MX-F01: ATAD – данные, VCC – напряжение питания, GND – общий провод, ANT – антенна.

АТAD на MX-F01 подключается к 10 дискретному выводу Arduino Uno. VCC на MX-F01 подключается к +5V Arduino Uno. GND заземлить с пином платы GND.

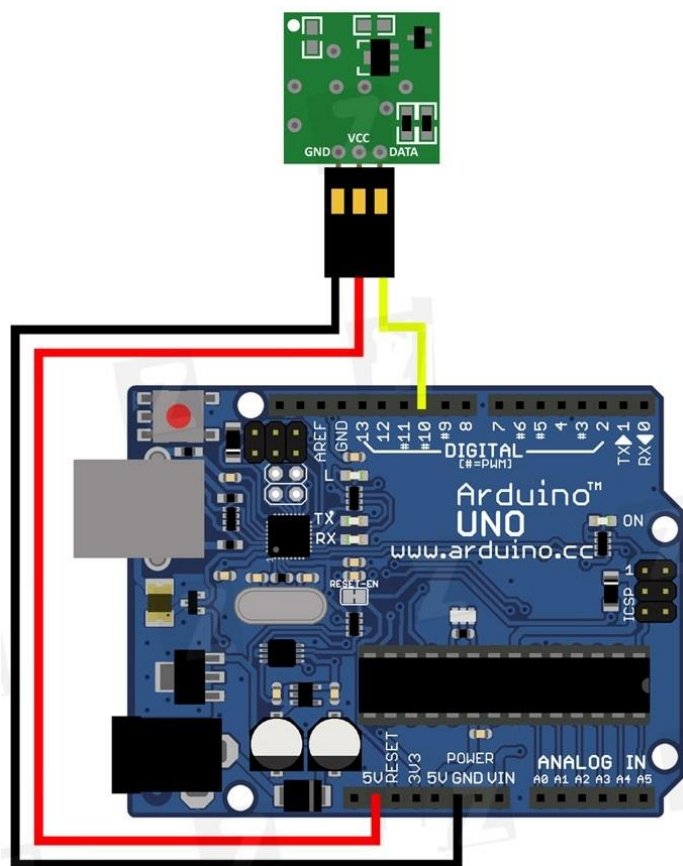


Рисунок 20 – Схема подключения радиопередатчика MX-F01 к плате Arduino Uno

Подключение радиоприемника MX-RM к плате Arduino Uno [14].

Назначение выводов приемника MX-RM: DATA – данные, VCC – напряжение питания, GND – общий провод, ANT – антенна.

Подключение DATA на MX-RM к 2 дискретному выводу Arduino Uno. VCC на MX-RM подключается к +5V Arduino Uno. GND заземлить с пином платы GND.

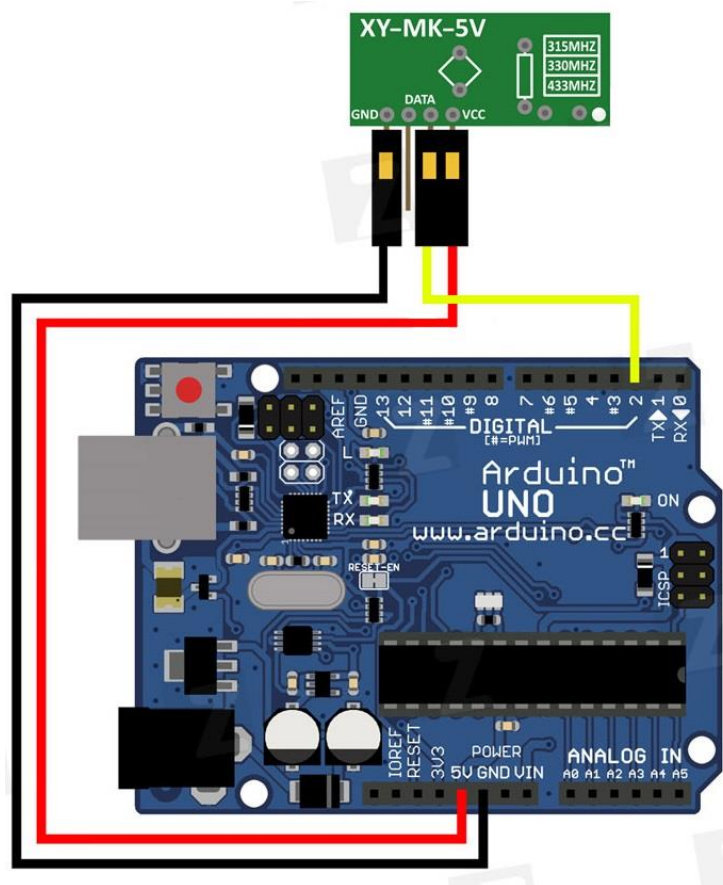


Рисунок 21 – Схема подключения радиоприемника MX-RM к плате Arduino Uno

### 5.3 Подключение светодиодов и пьезоизлучателя к плате Arduino Uno

Для подключения светодиодов к микроконтроллеру Arduino Uno, присоединяют резистор (расчет резистора 3.4 стр.24) вывод светодиода (анод) подключают к резистору, вывод катод на землю. Схема подключения показана на рис. 22. Светодиоды подключатся последовательно, на схеме показан один светодиод.

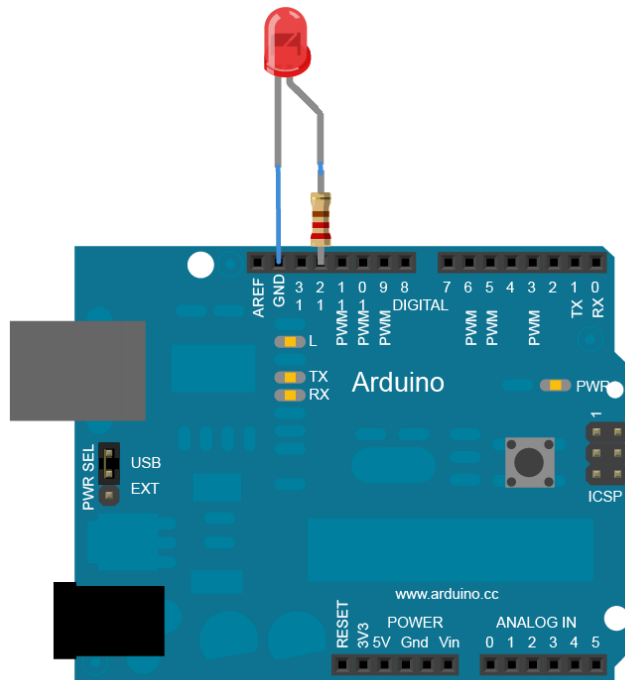


Рисунок 22 – Схема подключения светодиода к микроконтроллеру Arduino Uno

Подключение пьезоизлучателя к Arduino Uno простое – контакт «минус» подается на «землю», контакт «плюс» подключается к пину 11 платы Arduino Uno, показано на рис. 23.

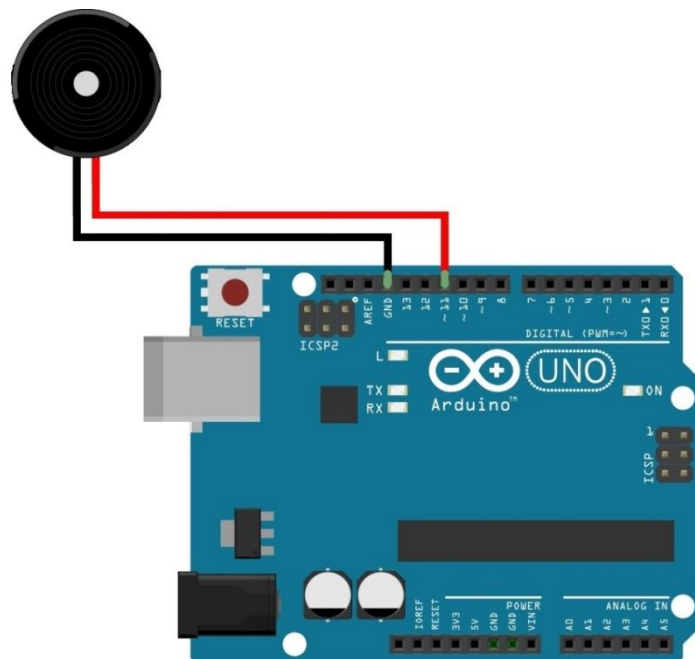


Рисунок 23 – Схема подключения пьезоизлучателя к плате Arduino Uno

## 5.4 Подключение элемента питания к плате Arduino Uno

Элементом питания платы выбрана батарея крона из расчетов формулы (3.14). Крона соединяется штекером питания для ARDUINO с разъемом от батарейки типа «Крона» (рис. 24.)

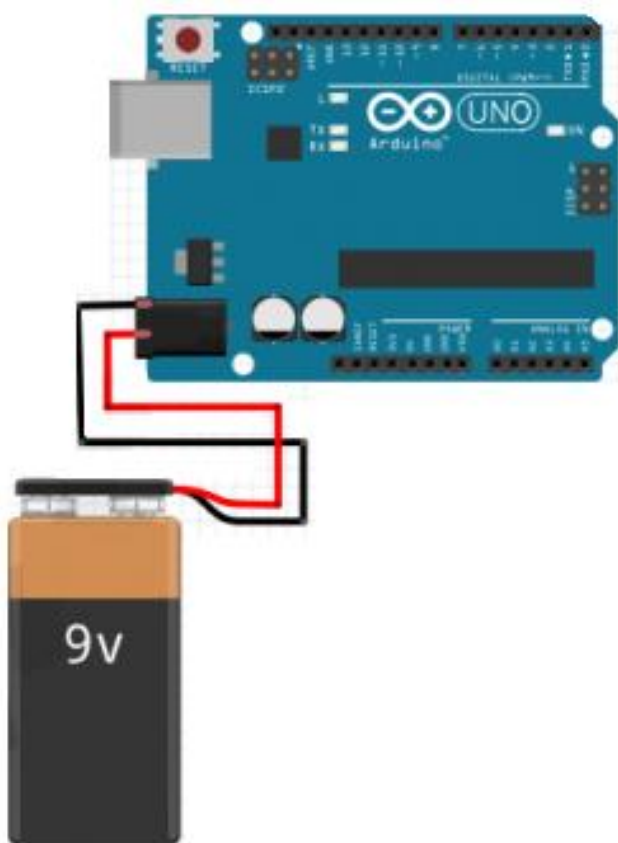


Рисунок 24 – Схема подключения элемента питания к плате Arduino Uno

## 5.5 Программирование переносного модуля неподвижного состояния

Язык программирования устройств Ардуино основан на C/C++. Для программирования используется Arduino IDE.

Подключение Arduino к компьютеру.

После установки Arduino IDE на ПК время подключать Arduino Uno к компьютеру. Соединение Arduino Uno с компьютером через USB-кабель. На плате загорится светодиод «ON», и начнёт мигать светодиод «L». Это означает, что на плату подано питание, и микроконтроллер Arduino Uno начал выполнять прошитую на заводе программу «Blink» (мигание светодиодом).

Для настройки Arduino IDE на работу с Arduino Uno, необходимо знать, какой номер COM-порта присвоил компьютер Arduino Uno. Для этого нужно зайти в «Диспетчер устройств» Windows и раскрыть вкладку «Порты (COM и LPT)».

Настройка Arduino IDE на работу с Arduino Uno.

После подключения Arduino необходимо сообщить Arduino IDE, что плата, с которой программе предстоит «общаться» находится на COM-порту (рис25).

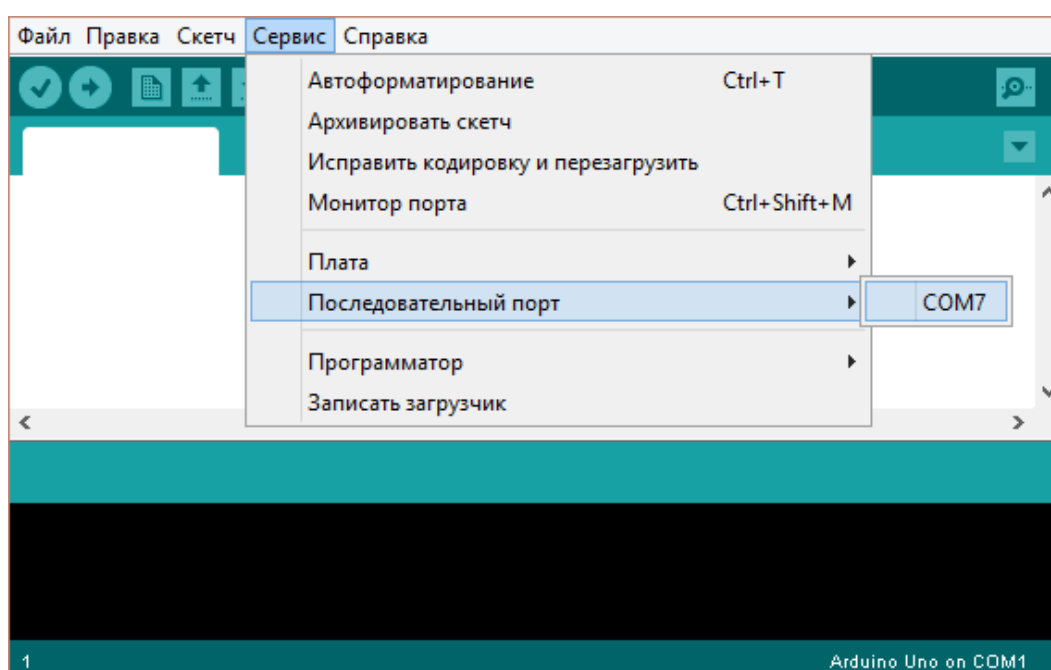


Рисунок 25 – Сообщение программы с платой Arduino

Среда настроена и плата подключена.



Программирование датчика определения неподвижного состояния осуществляется с помощью фильтра Калмана. Фильтр Калмана – совместные измерения акселерометра и гироскопа, фильтрует их с помощью алгоритма. И далее отправляет данные на микроконтроллер. Программирование осуществляется по алгоритму (Рис. 17). Код программирования датчика и станции предоставлен в приложении Б.

## **5.6 Экспериментальная часть**

Проведя сборку и программирование системы определения неподвижного состояния наблюдаемого, были проведены опытные замеры и проверена работоспособность датчика (сигнализатора) и мобильной станции. Проверка проводилась следующим образом: переносной датчик и мобильная станция подключались к источникам питания (ПК или батарейка типа «Крона»). При отсутствии движения датчика в течении 30 секунд, на датчике срабатывает звуковая и световая индикация, по радиоканалу передается сигнал тревоги на мобильную станцию, где срабатывает световое оповещение. Эксперимент проводился на открытой местности, а также в помещении. На открытой местности связь между радиомодулями терялась на расстоянии приблизительно 95-96 метров (без антенны), как и заявлено производителем. Для увеличения расстояния необходимо припаять антенну (расчет в п. 3.3). Батарейка «Крона», выбранная обеспечивает достаточный ток потребления для датчика и мобильной станции.

## **Глава 6 Конструктивная проработка сигнализатора. Механический анализ конструкции в T-FLEX**

### **6.1 Выбор материала корпуса**

Основными критериями выбора материала:

- Минимальное создание помех для радиосигнала
- Легкий вес
- Прочностные характеристики.
- Температура плавления

В качестве материала выбран Полиамид ПА-6 блочный графитонаполненный ТУ 6-06-38-89. Материал имеет хорошую прочность, мало создает помех для радиосигнала, имеет относительно невысокую цену, прост в обработке и выполнении фрезеровочно-слесарных работ [21].

### **6.2 Разработка корпуса сигнализатора**

Разработка корпуса сигнализатора проводилась в CAD системе КОПМАС-3D V15.



Рисунок 27 – Корпус сигнализатора

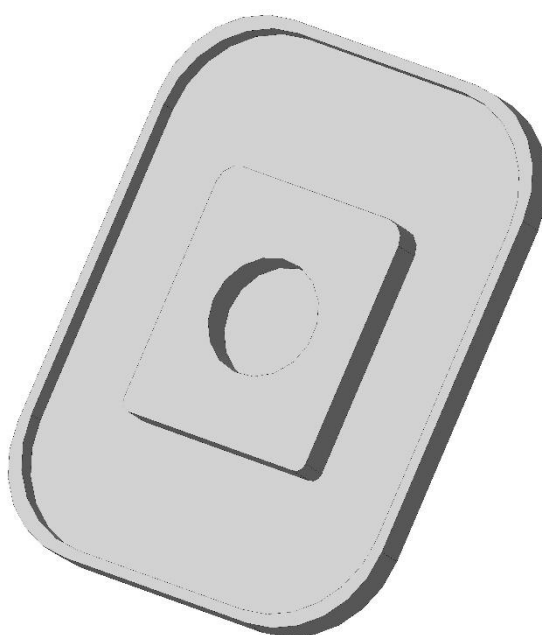


Рисунок 28 – Крышка сигнализатора

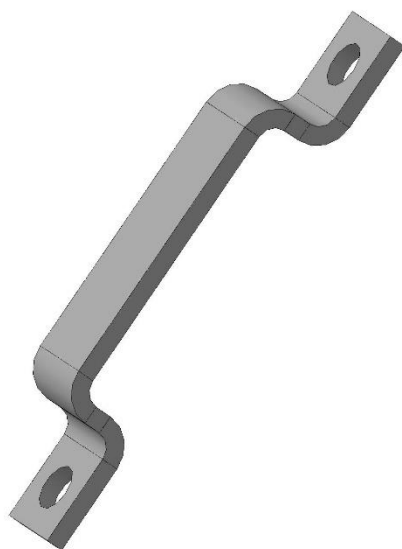


Рисунок 29 – Крепление сигнализатора



Рисунок 30 – Корпус сигнализатора

На рисунке 30 спроектирован маяк спасателя МЧС в КОМПАС-3DV15. Устройство состоит из двух основных частей 1-корпус, 2-крышка. Компоновка элементов происходит в детали корпус (рис. 27). Все компоненты расположены в детали корпус. Корпус (рис. 87) имеет паз, для обеспечения IP67, крышка

(рис. 28) ставится в паз на клей герметик-черный также на герметик ставятся светодиоды, сирена и клеится сетка полутомпаковая, которая обеспечивает IP67.

### **6.3 Механический анализ конструкции в T-Flex анализе**

Для успешного решения физической задачи в конечно-элементной постановке необходимо корректно определить так называемые граничные условия. Этап задания граничных условий очень ответственный требующий хорошего понимания сути решаемой задачи.

Для задания закреплений в T-FLEX/Анализ предусмотрены две команды: «Полное закрепление» и «Частичное закрепление». Команда «Полное закрепление» применяется к вершинам, граням и ребрам модели и определяет, что данный элемент трехмерного тела полностью неподвижен, то есть сохраняет свое первоначальное расположение и не меняет положения под действием приложенных к системе нагрузок. Команда «Частичное закрепление» обладает более широкими возможностями. С помощью этой команды можно ограничить перемещение тела в определенных координатных направлениях или определить заданное положение элементов модели. Последнее свойство позволяет осуществить расчет напряженного состояния конструкции, для которой известна ее конечная деформация. В этом случае для осуществления расчета не обязательно даже наложение сил.

Для задания нагрузок в T-FLEX Анализ предусмотрен целый набор специализированных команд.

Нагрузка «Сила» позволяет задать сосредоточенную или распределенную силу, приложенную к вершине, ребру или грани модели.

В T-FLEX задаем материал рис.31.

Свойства материала

Материалы конечно-элементного анализа

Операция задачи	Тип материала	Материалы	Описание материала
Тело_3 / [ Булева...	Другой	Полиами...	Полимеры

☐ С Тела/Операции
 ☒ Другой
 Полиамид ПА-6Б ТУ 6-05-988-87 ▼

Плотность:  г/(мм<sup>3</sup>)  
 Прочность на разрыв:  Н/(мм<sup>2</sup>)  
 Прочность на сжатие:  Н/(мм<sup>2</sup>)  
 Предел текучести:  Н/(мм<sup>2</sup>)  
 Удельная теплоёмкость:  Дж/(г•град)  
 Закон усталости: не задан ▼ Создать  
 Структура материала: Изотропный ▼  
 Модуль упругости:  Н/(мм<sup>2</sup>)  
 Коэффициент Пуассона:   
 Модуль сдвига:  Н/(мм<sup>2</sup>)  
 Коэф. линейного расширения:  1/град  
 Теплопроводность:  Ватт/(мм•град)

– Единицы измерения

Система: Пользователя ▼
 Силы: Ньютоны ▼  
 Длины: Миллиметры ▼
 Температуры: Градусы Цельсия ▼  
 Массы: Граммы ▼

ОК
Отмена

Рисунок 31 – Выбор материала

После выбора материала изделия, выбираем грань, к которой применяем операцию полное закрепление. В нашем устройстве это будет задняя крышка, а сила направлена в переднюю грань с нагрузкой 100 Н (рис. 32).

Задача: "Задача\_0"  
Деформации эквивалентные  
Масштаб перемещений: 4.38

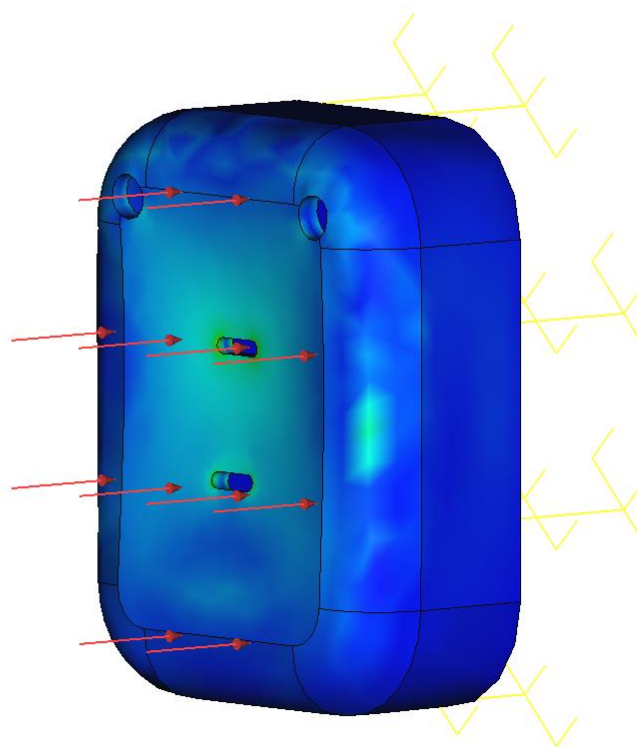
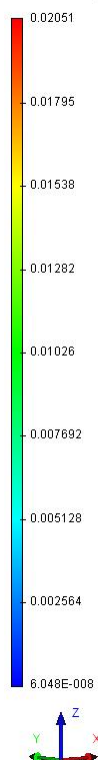


Рисунок 32 – Статический анализ

Из анализа в T-FLEX видно, что при нагрузке силы 100Н устройство деформируется незначительно. При такой нагрузке устройство будет работать корректно.

## **Глава 8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **8.1 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Анализ проводится с помощью оценочной карты (табл. 7.1).

Для оценки были выбраны три фирмы-конкурента, которые были представлены на рис.1.

Б<sub>к1</sub> - ОАО «АГАТ-СИСТЕМ»

Б<sub>к2</sub> - ООО «Восток сервис»



Таблица 8.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Бф	Бк1	Бк2	Бк3	Кф	Кк1	Кк2	Кк3
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1.Повышение производительности труда пользователя	0.05	4	4	4	4	0.2	0.2	0.2	0.2
2.Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.15	5	5	3	4	0.75	0.75	0.65	0.6
3.Помехоустойчивост ь	0.1	5	5	3	4	0.5	0.5	0.3	0.4
4.Энергоэкономичнос ть	0.1	5	5	4	5	0.5	0.5	0.4	0.5
5.Надежность	0.1	4	4	3	4	0.5	0.5	0.3	0.4
6.Уровень шума	0.1	5	5	5	5	0.5	0.5	0.5	0.5
7.Безопасность	0.1	5	5	5	5	0.5	0.5	0.5	0.5
8.Потребность в ресурсах памяти	0.05	1	1	1	1	0.05	0.05	0.05	0.05
9.Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.05	4	4	3	4	0.2	0.2	0.15	0.2
10.Простота эксплуатации	0.1	5	5	5	5	0.5	0.5	0.5	0.5
11.Качество интеллектуального интерфейса	0.05	5	5	3	4	0.25	0.25	0.15	0.2

12.Возможность подключения в сеть ЭВМ	0.05	2	1	1	1	0.1	0.05	0.05	0.05
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>									
1.Конкурентоспособность продукта	0.2	5	5	3	4	1	1	0.7	0.8
2.Уровень проникновения на рынок	0.15	5	5	3	4	0.8	0.8	0.7	0.8
3.Цена	0.2	5	3	4	3	1	0.6	1	0.8
4.Предполагаемый срок эксплуатации	0.1	4	4	3	3	0.5	0.5	0.3	0.4
5.Послепродажное обслуживание	0.1	4	4	3	3	0.4	0.5	0.3	0.4
6.Финансирование научной разработки	0.05	5	5	3	4	0.25	0.25	0.2	0.2
7.Срок выхода на рынок	0.1	5	5	3	4	0.5	0.5	0.4	0.4
8.Наличие сертификации разработки	0.1	4	4	3	3	0.5	0.5	0.4	0.4
<b>Итого</b>	1	37	36	25	28	4.95	4.55	3.9	4.1

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (8.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Основываясь на знаниях о конкурентах, следует объяснить:

- чем обусловлена уязвимость позиции конкурентов и возможно занять свою нишу и увеличить определенную долю рынка;
- в чем конкурентное преимущество разработки.

Итогом данного анализа, действительно способным заинтересовать партнеров и инвесторов, может стать выработка конкурентных преимуществ, которые помогут создаваемому продукту завоевать доверие покупателей посредством предложения товаров, заметно отличающихся либо высоким уровнем качества при стандартном наборе определяющих его параметров, либо нестандартным набором свойств, интересующих покупателя.

## 8.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно- исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;

- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность;
- правовая защищенность и др.

## 2) Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации. Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (табл. 2). В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по столбальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 8.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					

1.Энергоэффективнос ть	0.05	80	100	0.8	0.040
2.Помехоустойчивост ь	0.05	80	100	0.8	0.04
3.Надежность	0.05	80	100	0.8	0.04
4.Унифицированност ь	0.05	80	100	0.8	0.04
5.Уровень материалоемкости разработки	0.05	70	100	0.7	0.035
6.Уровень шума	0.05	60	100	0.6	0.03
7.Безопасность	0.05	80	100	0.8	0.04
8.Потребность в ресурсах памяти	0.05	50	100	0.5	0.025
9.Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.05	50	100	0.5	0.025
10.Простота эксплуатации	0.05	90	100	0.9	0.045
11.Качество интеллектуального интерфейса	0.05	80	100	0.8	0.04
12.Ремонтопригоднос ть	0.05	90	100	0.9	0.045
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
13.Конкурентоспособ ность продукта	0.05	80	100	0.8	0.04
14.Уровень проникновения на рынок	0.05	50	100	0.5	0.025
15.Перспективность рынка	0.05	50	100	0.5	0.025
16.Цена	0.05	80	100	0.8	0.04

17.Послепродажное обслуживание	0.05	50	100	0.5	0.025
18.Финансовая эффективность	0.05	50	100	0.5	0.025
19.Срок выхода на рынок	0.05	50	100	0.5	0.025
20.Наличие сертификации разработки	0.05	50	100	0.5	0.025
<b>Итого</b>	<b>1</b>	1050	2000	0.525	0.26

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (8.2)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя  $P_{cp}$  получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая. По результатам оценки качества и перспективности делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направлениях ее дальнейшего улучшения. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенно образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

### 8.3 SWOT-анализ

*SWOT-анализ* – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Анализ проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

1. Сильные стороны. Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован.

2. Слабые стороны. Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

3. Возможности. Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты

проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию

4. Угроза. Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (табл. 8.3).

Таблица 8.3 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p><b>С1.</b> Экономичность и энергоэффективность технологии проектирования.</p> <p><b>С2.</b> Экологичность технологии проектирования.</p> <p><b>С3.</b> Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p><b>С4.</b> Высокая точность</p> <p><b>С5.</b> Малые габариты</p> <p><b>С6.</b> Более большой ресурс работы</p> <p><b>С7</b> Наличие прототипа научной разработки</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p><b>Сл1.</b> Дефицит квалифицированных кадров по работе с научной разработкой. <b>Сл2.</b> Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ.</p> <p><b>Сл3.</b> Дорогая стоимость оборудования для проведения испытания опытного образца. <b>Сл4.</b> Большой срок поставок материалов и комплектующих.</p> <p><b>Сл5.</b> Отсутствие финансирования</p>
--	---	---



<p><b>Возможности:</b></p> <p><b>В1.</b>Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p><b>В2.</b>Использование инфраструктуры ОАО «Автоматика» г.Томск .</p> <p><b>В3.</b>Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p><b>В4.</b>Повышение характеристик прибора.</p> <p><b>В5.</b>Понижение цены, низкая стоимость прибора по сравнению с конкурентами.</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p><b>У1.</b> Отсутствие спроса на товары нового предприятия</p> <p><b>У2.</b>Развитая конкуренция технологий производства</p> <p><b>У3.</b>Отказ в финансировании или несвоевременное финансовое обеспечение</p> <p><b>У4.</b> Медленное внедрение технологических новшеств.</p>		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Факторы помечаются либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в табл. 8.4.

Таблица 8.4 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта								
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	B1	+	+	+	+	+	+	-
	B2	+	0	+	+	+	+	-
	B3	+	+	-	+	+	+	-
	B4	+	-	-	+	-	+	+
	B5	-	-	+	-	-	-	-

Сильны коррелирующие стороны и возможности: B1C1C2C3C4C5C6; B2C1C3C4C5C6; B3C1C2C4C5C6; B4C1C4C6C7; B5C2.

Возможности B1,B2,B3 и B5 коррелируют с одними и теми же сильными сторонами C1 и C3, отсюда можно сделать вывод об общей природе этих факторов.

В рамках третьего этапа была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приведена в таблице 8.5.

Таблица 8.5 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>C1.Заявленная экономичность и энергоэффективность</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1.Дефицит квалифицированных кадров по работе с научной разработкой. Сл2.Отсутствие</p>
--	---	---

	<p>технологии.</p> <p><b>С2.</b> Экологичность технологий.</p> <p><b>С3.</b> Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p><b>С4.</b> Высокая чувствительность</p> <p><b>С5.</b> Малые габариты</p> <p><b>С6.</b> Более большой ресурс работы</p> <p><b>С7</b> Наличие прототипа научной разработки</p>	<p>инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ.</p> <p><b>Сл3.</b> Дорогая стоимость оборудования для проведения испытания опытного образца. <b>Сл4.</b> Большой срок поставок материалов и комплектующих.</p> <p><b>Сл5.</b>Отсутствие финансирования</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p><b>В1.</b>Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p><b>В2.</b>Использование инфраструктуры ОАО «Автоматика» г.Томск .</p> <p><b>В3.</b>Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p><b>В4.</b>Повышение характеристик прибора.</p> <p><b>В5.</b>Понижение цены, низкая стоимость прибора по сравнению с конкурентами.</p>	<p>Из интерактивной матрицы можно сделать вывод о связи сильных сторон С1 и С3 с возможностями В1,В2,В3 и В5, что весьма логично. Низкая стоимость товара повлечет за собой спрос на продукт, а экономичность позволит изготавливать продукт с использованием инфраструктуры ТПУ и НИИПП.</p>	<p>При изготовлении продукта, при использовании инфраструктур ТПУ и НИИПП можно столкнуться с проблемой нехватки опытных кадров, а также прототипа научной разработки. Проблему с кадрами можно решить путем обучения уже имеющихся кадров. Вместо прототипа разработки можно провести необходимые работы и эксперименты с купленным аналогом.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p><b>У1.</b> Отсутствие спроса на товары нового предприятия</p> <p><b>У2.</b>Развитая конкуренция</p>	<p>Во избежание отказа в финансировании, нужно доказать экономичность изготовления прибора, а</p>	<p>Отсутствие финансирования приведет к тому, что не будет разработан прототип научной разработки. Но как было</p>

технологий производства <b>У3.</b> Отказ в финансировании или несвоевременное финансовое обеспечение <b>У4.</b> Быстрое развитие технологий в стране, вследствие чего данные исследования могут стать устаревшими.	также удостовериться в его спросе на рынке. Для борьбы с конкурентами нужно, чтобы продукт удовлетворял высоким требованиям качества, но при низкой цене.	выше сказано, можно использовать аналог данного продукта, максимально схожего с характеристиками, полученными теоретическим путем, собственного продукта
--	--	--

Сильными сторонами разрабатываемого проекта являются стоимость производства, малое количество конкурентов на территории РФ, время автономной работы, массогабаритные размеры устройства. Основной слабостью проекта является то, что проект имеет узкую направленность. Угрозой данному проекту является снижение цены конкурентами. Корреляция между сильными и слабыми сторонами проекта с возможностями и угрозами отображена в итоговой матрице SWOT-анализа (таблица 8.5). Как видно, угрозы и возможности данного проекта тесно коррелируют со всеми сильными и слабыми сторонами проекта.

#### **8.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации**

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Необходимые данные внесены в специальную форму (таблица 7.6), содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 8.6 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	2
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	1
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	1
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования	2	1

	услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот		
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	2
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15	Проработан механизм реализации научного проекта	3	2
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	49	38

При проведении анализа, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. Система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Исходя из полученной оценки, можно сделать вывод, что перспективность выполняемого проекта выше среднего.

#### 8.4.1 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Цели и результат проекта: Разработка системы определения неподвижного состояния наблюдаемого. Заинтересованные стороны проекта представлены в таблице 8.7.

Таблица 8.7 – Заинтересованные стороны проекта.

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Руководитель проекта	Качественное выполнение работ в оговоренные сроки
Исполнитель проекта	Разработка датчика-маяка и базы

В таблице 8.8 представлена информация об иерархии целей проекта и требованиях к результату. Цели проекта должны включать цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 8.8 – Цели и результат проекта.

<b>Цели проекта:</b>	Спроектировать и изготовить действующий макет датчика-маяка на основе МЭМС-сенсоров. Маяк должен определять неподвижное состояние наблюдаемого и передавать по радиоканалу на пост информацию о неподвижности наблюдаемого.
<b>Ожидаемые результаты</b>	Разработка системы определения неподвижного состояния

<b>проекта:</b>	наблюдаемого
<b>Требования к результату проекта:</b>	Выполнение в срок

Участники рабочей группы представлены в таблице 8.9.

Таблица 8.9 – Рабочая группа проекта.

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО, основное место работы, должность</b>	<b>Роль в проекте</b>	<b>Функции</b>	<b>Трудо- затраты, час.</b>
1	Гормаков Анатолий Николаевич, каф.ТПС, к.т.н., доцент	Руководитель проекта	координирует деятельность исполнителя проекта	500
2	Прыгов Андрей Николаевич, каф. ТПС, магистрант	Исполнитель проекта	Выполнение проектных работ	1700
<b>ИТОГО:</b>				2200

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта. Ограничения представлены в таблице 8.10.

Таблица 8.10 – Ограничения проекта.

<b>Фактор</b>	<b>Ограничения/ допущения</b>
3.1. Бюджет проекта	5000
3.1.1. Источник финансирования	Прыгов Андрей Николаевич
3.2. Сроки проекта:	1.09.2016-01.06.2017
3.2.1. Дата утверждения плана управления	15.10.2016



проектом	
3.2.2. Дата завершения проекта	015.06.2017

## **8.5 Планирование управления научно-техническим проектом**

### **8.5.1 Контрольные события проекта**

В рамках данного раздела были определены ключевые события проекта, их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Эта информация сведена в таблицу 8.11.

Таблица 8.11 – Контрольные события проекта.

<b>№ п/п</b>	<b>Контрольное событие</b>	<b>Результат (подтверждающий документ)</b>
1	Постановка ТЗ	Техническое задание
2	Подготовительные работы	Отчеты НИР, патентный поиск
3	Теоретические и экспериментальные исследования	Проведены теоретические расчёты, которые были подтверждены экспериментальным путём
4	Заключительный этап	Пояснительная записка

### **8.5.2 План проекта**

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта. Линейный график представляется в виде таблицы 8.12.

Таблица 8.12 – Календарный план проекта

<b>Название</b>	<b>Длитель- ность, рабочие дни</b>	<b>Длитель-ность, календарные дни</b>	<b>Дата начала работ</b>	<b>Дата оконча- ния работ</b>	<b>Состав участников</b>
Получение технического задания	2	2	15.09.16	17.09.16	Исполнитель, руководитель
Анализ задачи	38	45	14.09.16	30.10.16	Исполнитель, руководитель
Сбор информации, анализ технических возможностей.	43	50	30.10.16	20.12.16	Исполнитель
Изучение основ и методов программирования на плате Arduino	58	80	20.12.16	10.03.17	Исполнитель
Ознакомление с принципами радио модулей, проработка корпуса устройства и программирование датчика-маяка	43	50	10.03.17	30.04.17	Исполнитель
Изготовление датчика и разработка принципиальной схемы устройства	37	45	15.04.17	26.03.17	Исполнитель
Проведение экспериментов	34	40	29.04.17	30.04.17	Исполнитель
Обсуждение полученных результатов	13	15	30.04.17	2.05.17	Исполнитель, руководитель
Подготовка графического материала	17	20	05.05.17	15.05.17	Исполнитель
Оформление работы	146	180	01.06.17	5.06.17	Исполнитель

Название	Длительность, рабочие дни	Длительность, календарные дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
<b>И т о г о:</b>	431	527			

Из календарного плана видно, что руководитель (Гормаков А.Н.) занят календарных 102 дня (87 рабочих дней), исполнитель ВКР (Прыгов А.Н.) занят календарных 527 день (431 рабочих дней).

### 8.5.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 8.13.

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).

В эту статью включены затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода. Группировка затрат по статьям приведена в таблице 8.13.

Расчет стоимости материальных затрат проводится по действующим ценам. В стоимость материальных затрат включены транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включены затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье занесены в таблицу 8.13.

Таблица 8.13 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Датчик движения	MPU 650	1	630	630
Печатная плата	Arduino uno	2	1300	2600
Радиомодуль	XY-MK-5V, XY-FST FS1000A	2	240	480
Диоды	1N4004	2	2	4
Пьезодинамик	SCS-17P10	1	100	100
Резисторы	МЛТ-0.125	25	10	250
Аккумулятор	Delta HR 6-4,5	2	480	960
Тактильный кнопочный переключатель	СП5-2ВВТС-1212Т	2	60	120
Провод монтажный	МГШВ	30м	5	150
Припой	ПОС-61	5м	20	100
Канифоль		0,5 кг	290	290
Прочие расходы			500	500
Всего за материалы				6187
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				335
Итого по статье $C_m$				6520

#### Основная заработная плата

В настоящую статью включена основная заработная плата научных и инженерно-технических работников непосредственно участвующих в выполнении работ по теме. Величина расходов по заработной плате определена исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 8.14.

Таблица 8.14 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоем кость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.- дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1.	Получение технического задания	Руководитель	2	1278,62	2557,24
		Дипломник	2	0	0
2.	Анализ задачи	Руководитель	38	1278,62	48587,56
		Дипломник	38	0	0
3.	Сбор информации, анализ технических возможностей.	Дипломник	43	0	0
4.	Изучение основ и методов программирования на плате Arduino	Дипломник	58	0	0
5.	Ознакомление с принципами радио модулей, проработка корпуса устройства и программирование датчика-маяка	Дипломник	43	0	0
6.	Изготовление датчика и разработка принципиальной схемы устройства	Дипломник	37	0	0
7.	Проведение экспериментов	Дипломник	34	0	0
8.	Обсуждение полученных результатов	Дипломник	13	0	0
		Руководитель	13	1278,62	16622,06
9.	Подготовка графического материала	Дипломник	17	0	0
10.	Оформление работы	Дипломник	146	0	0
Итого:				67766,86	

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (8.3)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата руководителя и инженера (дипломника) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (8.4)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 8.14);

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (8.5)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 24 раб.дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя);

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (табл. 8.15).

Таблица 8.15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	71	71
- выходные дни	51	51
- праздничные дни	20	20
Потери рабочего времени на отпуск	48	0

Действительный годовой фонд рабочего времени	246	294
--	-----	-----

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$З_{дн.р} = \frac{30244,32 \cdot 10,4}{246} = 1278,62 \text{ руб.} \quad (7.6)$$

Среднедневная заработная плата исполнителя:

$$З_{дн.с} = \frac{0 \cdot 12}{294} = 0 \text{ руб.} \quad (8.7)$$

Исходя из количества рабочих, основная заработная плата составит для руководителя:

$$З_{осн.р} = 1278,62 \cdot 53 = 67766,86 \text{ руб.} \quad (8.8)$$

для исполнителя:

$$З_{осн.и} = 0 \cdot 431 = 0 \text{ руб.} \quad (8.9)$$

Таблица 8.16 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З <sub>м</sub> ,руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> ,раб.дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	30244,32	127	53	67766,86
Исполнитель	0	0	431	0

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала составляет в среднем 12% от суммы основной заработной платы.

Таким образом, дополнительная заработная плата:

для руководителя:

$$З_{д.р} = 67766,86 \cdot 0,12 = 8132,02 \text{ руб} \quad (8.10)$$

для исполнителя:

$$З_{д.и} = 0 \cdot 0,12 = 0 \text{ руб} \quad (8.11)$$

В таблице 8.17 представлена заработная плата рабочей группы проекта.

Таблица 8.17 – Заработная плата исполнителей ВКР

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата	67766,86	0
Дополнительная зарплата	8132,02	0
Итого	75898,88	0
Итого по статье $C_{зп}$	75898,88	

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (8.12)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, составляет 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды для руководителя:

$$C_{внеб} = 0,3 \cdot 75898,88 = 22769,66 \text{ руб} \quad (8.12)$$

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями

На эту статью относится стоимость работ, выполненных сторонними организациями и предприятиями по заказу данной научно-технической организации, результаты которых используются в конкретном НТИ. В таблице 8.18 представлены затраты на услуги сторонних организаций.

Таблица 8.18 – Затраты на услуги сторонних организаций

Услуга	Количество	Стоимость одной единицы, руб.	Сумма затрат, руб.
Распечатка на принтере формат А3	4	5	20
Доступ в Internet	2 месяца	390 (в мес.)	780
Итого:			800

Накладные расходы



В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Примем коэффициент накладных расходов  $k_{\text{накл}}$  равным 90%,

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (8.13)$$

$$C_{\text{накл}} = 0,9 \cdot 75898,88 = 68308,99 \text{ руб.} \quad (8.13)$$

Группировка затрат по статьям приведена в таблице 8.19. Плановая себестоимость составила 799007,43 руб.

Таблица 8.20 – Группировка затрат по статьям

№ п/п	Статьи затрат	Сумма, руб
1.	Сырье, материал(за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	7035
2.	Специальное оборудование для научных работ	111000
3.	Основная заработная плата	67766,86
4.	Дополнительная заработная плата	8132,02
5.	Отчисления на социальные нужды	22769,66
6.	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями	800
7.	Накладные расходы	68308,99
Итого плановая себестоимость		285812,53

Для реализации данного объекта потребуется 285812,53рубля.

## 8.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

Кроме выше перечисленных видов эффективности можно выделить ресурсный эффект (характеризуется показателями, отражающими влияние инновации на объем производства и потребления того или иного вида ресурса), научно-технический (оценивается показателями новизны и полезности) и др.

### **8.6.1 Оценка абсолютной эффективности исследования**

Динамические методы оценки инвестиций базируются на применении показателей:

- чистая текущая стоимость (**NPV**);
- срок окупаемости (**PP**);
- внутренняя ставка доходности (**IRR**);
- индекс доходности (**PI**).

Все перечисленные показатели основываются на сопоставлении чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности и их

приведении к определенному моменту времени. Теоретически чистые денежные поступления можно приводить к любому моменту времени (к будущему либо текущему периоду). Но для практических целей оценку инвестиции удобнее осуществлять на момент принятия решений об инвестировании средств.

### Чистая текущая стоимость (NPV)

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности.

Если инвестиции носят разовый характер, то **NPV** определяется по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{оп_t}}{(1+i)^t} - I_0, \quad (8.14)$$

где **ЧДП<sub>оп<sub>t</sub></sub>** – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

**I<sub>0</sub>** – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

**t** – номер шага расчета (**t**=0, 1, 2...**n**);

**n** – горизонт расчета;

**i** – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства: **NPV**>0.

Чем больше **NPV**, тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если **NPV** является положительной.

Таблица 8.21 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4

1.	Выручка от реализации, тыс.руб	0	750	1125	1500	1875
2.	Итого приток	0	750	1125	1500	1875
3.	Суммарные издержки, тыс. руб.	-174,8	-202,55	-230,05	-257,55	-285,05
4.	Прибыль до вычета налогов, тыс. руб.	-174,8	547,5	894,9	1242,5	1589,9
5.	Налог на прибыль, тыс. руб.	0	97,5	146,3	195	243,8
6.	Чистая прибыль, тыс. руб.	-174,8	450	748,6	1047,5	1346,1
7.	Чистый денежный поток от операционной деятельности, тыс.руб.	-174,8	450	748,6	1047,5	1346,1
8.	Ставка дисконтирования $i = 20\%$					
9.	Чистый дисконтированный доход, тыс.руб.	-174,8	375	519,9	606,2	649,2

### Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (табл. 8.22).

Таблица 8.22 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета
---	-------------------------	-------------

		0	1	2	3	4
1.	Чистый дисконтированный доход, тыс.руб. (i=20%)	-174,8	375	519,9	606,2	649,2
1.	Дисконтированный срок окупаемости	<u><math>PP_{дск} = 1 - ((375 - 174,8) / 375) = 0,46</math> года</u>				

### Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR).

IRR составляет 4.

### Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0, \quad (8.15)$$

где  $I_0$  – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{375 + 519,9 + 606,2 + 649,2}{174,8} = 12,3 \quad (8.15)$$

$PI = 12,3 > 1$ , следовательно, проект эффективен при  $i=0,2$ ;  $NPV=2149,9$

### 8.6.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Таблица 8.23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметра	Разрабатываемый прибор	АКА Сигнум 7272 MFT	Minelab CTX 3030 PRO
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	2	3
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	4
4. Энергосбережение	0,20	4	4	4
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1			
Интегральный показатель ресурсоэффективности		4	3,7	3,85

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

Проведя анализ показателей эффективности инвестиций, получили чистую текущую стоимость (NPV) – 402,33 тыс. руб. Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, NPV является положительной.

Срок окупаемости проекта (PP) составил 1,44 месяца. Внутренняя ставка доходности (IRR) – 0,65, что позволяет признать инвестиционный проект экономически оправданным, так как выполнение неравенства  $IRR > i$ . Индекс доходности (PI) – 9,6, что больше единицы, такая инвестиция приемлема [22].

## **Заключение**

В ходе выполнения выпускной квалифицированной работы был проведен анализ существующих аналогов разрабатываемого устройства. Разработана система определения неподвижного состояния на базе микроконтроллера Arduino Uno. Собран и запрограммирован прототип системы, состоящий из датчика и мобильной станции.

Проведены экспериментальные исследования работоспособности системы на открытом пространстве и в помещении. По результатам эксперимента можно сделать вывод, что система работает корректно и удовлетворяем заявленным требованиям.

Сконструирован корпус датчика, а также произведен механический анализ в программе T-FLEX. Произведена оценка детали ФЮРА.735.000.001 на технологичность. Выполнен технический процесс сборки датчика и изготовление детали.

Произведен расчет финансовой части ВКР и социальной ответственность, а также глава на английском языке.



## **Список публикаций студента**

1. Прыгов А.Н. –Система сигнализации неподвижного состояния спасателя МЧС/ науч. Рук. А.Н. Гормаков // IX международный студенческий электронный научный конференции «Студенческий научный форум» - 2017
2. Зубенко А.А., Прыгов А.Н. – способы и системы бурения нефтяных и газовых скважин/ науч. Рук. А.Н. Гормаков // VIII Международный студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум» - 2016
3. A. Gormakov, M. Kharitonov, A. Prygov, Sensor module for testing magnetometric borehole inclinometers under field conditions. MATEC Web Conf. Volume, 102, 01017, 2017